

# Trabajo Fin de Grado

## Grado en Ingeniería Aeroespacial

### Desarrollo de la sección electrónica de un experimento en BEXUS 21: SPADE

Autor: M.<sup>a</sup> Teresa Rodríguez Tabares

Tutor: Miguel Ángel Aguirre Echanove

**Departamento de Ingeniería Electrónica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2018





Trabajo de Fin de Grado  
Grado en Ingeniería Aeroespacial

# **Desarrollo de la sección electrónica de un experimento en BEXUS 21: SPADE**

Autor:

M.<sup>a</sup> Teresa Rodríguez Tabares

Tutor:

Miguel Ángel Aguirre Echanove

Catedrático de la Universidad

Departamento de Ingeniería Electrónica

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018





Trabajo de Fin de Grado: Desarrollo de la sección electrónica de un experimento en BEXUS 21: SPADE

Autor: M.<sup>a</sup> Teresa Rodríguez Tabares

Tutor: Miguel Ángel Aguirre Echanove

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

El Secretario del Tribunal

Sevilla, 2018

*A mi familia*





# Agradecimientos

---

Este proyecto es fiel reflejo de lo que ha supuesto mi paso por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y de mi participación en el programa de REXUS/BEXUS, que ofrece la Agencia Espacial Europea junto con la Agencia Espacial Sueca y la Agencia Espacial Alemana, con el proyecto SPADE. Antes de empezar a desarrollarlo me gustaría dedicar un momento a todas esas personas que en mayor o menor medida han contribuido en que hoy esté un poco más cerca de ser Ingeniera.

En primer lugar, agradecer a mi tutor Miguel todo el apoyo, dedicación y consejos que nos ofreció durante todas las etapas del proyecto, sin su ayuda muchos asuntos se hubieran quedado a medias. Mención especial también a los demás profesores que nos ayudaron en el desarrollo de SPADE, Hipólito, Rogelio y Fernando.

A mi familia y sobre todo a mis padres, gracias a su esfuerzo, paciencia y comprensión he llegado tan lejos y podré tener la vida que deseo. Ellos creyeron en mí cuando ni yo misma creía, ¡por fin se ve la luz al final del túnel!

También agradecer a mis compañeros de batallas y ‘de salas’, aquellos que con una mirada sabían qué decir o hacer para animarme en los días de estudio intensivo, sin ellos este trayecto hubiera tenido más obstáculos. Mencionar a mis compañeros de Alter, Javi, Álvaro y Aintzane, sin sus conocimientos y dedicación incluso cuando no debían, me hubiera perdido entre mosfets y resistencias.

Por último, a Diego, por no permitir que me rindiera en ningún momento, sin su apoyo en esta experiencia este trabajo no hubiera sido posible.

*M.<sup>a</sup> Teresa Rodríguez Tabares*

*Sevilla, 2018*



SPADE tenía como objetivo testar una plataforma low cost de adquisición de datos en tiempo real para misiones de exploración estratosférica basada en hardware de carácter comercial. Estaba compuesta por dos teléfonos móviles y una red auxiliar de sensores. La red de sensores se componía de nodos sensores, como aquellos que se usan en aplicaciones industriales, conectadas entre ella por una conexión inalámbrica de baja potencia (protocolo 802.15).

El experimento fue una demostración tecnológica que incluía dos objetivos principales. En primer lugar, estudiar el comportamiento de una red inalámbrica, integrando comunicación hacia/desde una estación de tierra en una situación tal como las que se tuvieron a bordo de BEXUS (medio estratosférico: baja presión más baja temperatura), condiciones que, como la radiación, no son fácilmente reproducibles en tierra. En segundo lugar, se testó la actuación de los sensores, baterías comerciales y teléfonos móviles como una unidad central para este tipo de plataforma en un medio hostil.





# Abstract

---

SPADE aimed to test a low-cost real time data acquisition platform for stratospheric exploration missions based on commercial off-the-shelf hardware. It was composed of two smartphones and an auxiliary sensor network. The sensor network was composed of sensor nodes, like those being used currently on industrial applications, connected among them by a low powered standard wireless connection (protocol 802.15).

The experiment is a technology demonstration which includes two main goals. Firstly, to study the behaviour of a wireless network, integrating communications towards/from a ground station in a demanding situation such as those conditions that will be aboard BEXUS (stratospheric environment: low pressure plus low temperature) above all, in such conditions that cannot be easily reproduced in ground (irradiation). Secondly, we want to test the performance of the sensors, commercial batteries and smartphones as the central unit for this type of platform in this harsh environment.



# Índice

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>9</b>
<b>Resumen</b>	<b>11</b>
<b>Abstract</b>	<b>13</b>
<b>Índice</b>	<b>15</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>17</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>19</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>23</b>
<b>2 Descripción general de la electrónica de consumo utilizada en Spade</b>	<b>27</b>
<b>3 Adaptación de los componentes comerciales a condiciones estratosféricas</b>	<b>29</b>
3.1 Temperatura	29
3.2 Presión	30
3.3 Radiofrecuencias	31
<b>4 Descripción de los equipos de Spade</b>	<b>33</b>
4.1 Esquema general de interconexiones de toda la electrónica.	33
4.2 Red de sensores inalámbrica	34
4.2.2 Nodos (terminales de lectura):	35
4.2.3 Concentrador:	36
4.2.4 Sensores:	37
4.3 Unidad central	44
4.3.1 Router	44
4.3.2 Smartphones	45
4.3.3 Conexiones en la unidad central	46
4.4 Sistema de encendido y apagado	47
4.5 Cables	48
4.6 Fijaciones	49
<b>5 Diseño e implementación de la placa de potencia para la unidad central</b>	<b>51</b>
5.1 Diseño PCB	52
5.2 Proceso de fabricación	54
<b>6 Diseño e implementación de la placa del sistema térmico</b>	<b>55</b>
6.1 Diseño de la PCB	57
6.2 Proceso de fabricación	59
<b>7 Sistema de alimentación y potencia de spade (power system)</b>	<b>61</b>
7.1 Consumo de la Potencia de cada componente integrado en el experiment	62
<b>8 Resultados y Lecciones aprendidas</b>	<b>65</b>
8.1 Análisis de los distintos sensors	66
8.1.1 Análisis del sensor de CO <sub>2</sub>	66
8.1.2 Análisis del sensor de temperatura	67
8.1.3 Análisis del sensor de CO <sub>2</sub> +temperatura	69
8.2 Lecciones aprendidas	69
<b>Referencias</b>	<b>71</b>
<b>Anexo</b>	<b>73</b>
Gráfica de las medidas de temperatura durante toda la vida del sensor	74
Memoria de costes de la electrónica de SPADE	76



# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Frecuencias no permitidas en los experimentos	31
Tabla 2. Especificaciones red ONE GO	34
Tabla 3. Especificaciones del sensor de temperatura	38
Tabla 4. Especificaciones del sensor de CO <sub>2</sub>	38
Tabla 5. Especificaciones Router DSR-250N	45
Tabla 6. Especificaciones LG G3	46
Tabla 7. Especificaciones interruptores	47
Tabla 8. Especificaciones cable conexión baterías BEXUS	48
Tabla 9. Características convertidores DC/DC	51
Tabla 10. Consumos de los componentes de SPADE	63
Tabla 11. Consumo máximo por cada componente	63
Tabla 12. Presupuesto electrónica de SPADE	78



# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Ilustración 1. Configuración del globo estratosférico.	24
Ilustración 2. Perfil de vuelo	25
Ilustración 3. Set-up del experimento	28
Ilustración 4. Gráficas de temperatura obtenidas por las sondas de BEXUS	29
Ilustración 5. Cambio de condensadores electrolíticos a condensadores de tántalo	30
Ilustración 6. Esquema completo de conexiones de SPADE	33
Ilustración 7. Configuración red estrella ONE GO	34
Ilustración 8. PCB_BASE	35
Ilustración 9. PCB_CMB	36
Ilustración 10. Beaglebone Black	36
Ilustración 11. Dimensiones sensores STHI	37
Ilustración 12. PCB de los sensores STHI	37
Ilustración 13. Sensores STHI	39
Ilustración 14. Sistema completo del detector de protones	39
Ilustración 15. Detector	40
Ilustración 16. Electrónica de lectura del detector	40
Ilustración 17. PCB de alimentación del sistema detector	41
Ilustración 18. Arduino UNO	41
Ilustración 19. Modo de test del detector de protones	42
Ilustración 20. MAX3460ESD+	42
Ilustración 21. Esquemático PCB Modbus	42
Ilustración 22. Implementación protocolo Modbus	43
Ilustración 23. Respuesta en el osciloscopio	43
Ilustración 24. Router DSR-250N	44
Ilustración 25. PCB router	45
Ilustración 26. LG G3 Modelo de smartphone de SPADE	45
Ilustración 27. Distribución interior unidad central	46
Ilustración 28. Modelo de interruptor	47
Ilustración 29. Protector interruptores	47
Ilustración 30. Modelo de cable Ethernet	48
Ilustración 31. Adaptadores USB-Ethernet	48
Ilustración 32. Modelo cable microUSB-USB	49
Ilustración 33. Abrazaderas para los cables	49
Ilustración 34. Clips para las baterías proporcionadas por ADEVICE	49
Ilustración 35. Dimensiones THN 15-2411	51

Ilustración 36. Dimensiones TEN 30-2412WIN	52
Ilustración 37. Esquemas de conexión para convertidores DC/DC	52
Ilustración 38. Esquemático PCB placa de potencia	53
Ilustración 39. Layout PCB placa de potencia	53
Ilustración 40. Visión 3D de la PCB de la placa de potencia	54
Ilustración 41. Instalaciones y equipos	54
Ilustración 42. Ejemplos PCBs fabricadas para SPADE	54
Ilustración 43. Launchpad de Texas Instrument	55
Ilustración 44. Resistencia cerámica	55
Ilustración 45. MOSFET	56
Ilustración 46. Esquema del sistema térmico	57
Ilustración 47. Esquemático PCB sistema térmico	57
Ilustración 48. Layout PCB sistema térmico	58
Ilustración 49. Visión 3D de la PCB del sistema térmico	58
Ilustración 50. Visión 3D de la PCB del sistema térmico (Vista de planta)	59
Ilustración 51. Baterías de 9V de Saft <sup>[8]</sup>	62
Ilustración 52. Conector del sistema de potencia de la góndola	62
Ilustración 53. Cargador inalámbrico WCD-100	64
Ilustración 54. Datos de altitud durante la duración del vuelo	65
Ilustración 55. Datos de temperatura durante el vuelo	65
Ilustración 56. Datos recibidos del sensor de CO <sub>2</sub>	66
Ilustración 57. Temperatura durante toda la vida del sensor	67
Ilustración 58. Distribución de temperaturas durante el vuelo	67
Ilustración 59. Distribución de temperaturas previa al vuelo	68
Ilustración 60. Posición de la góndola antes del lanzamiento	68
Ilustración 61. Distribución de temperaturas después del aterrizaje	69







# 1 INTRODUCCIÓN

---

Este trabajo es un análisis del desarrollo y de la adaptación de todos los componentes electrónicos que formaban parte del proyecto SPADE. No se va a entrar en otros aspectos del proyecto, ya que forman parte de otros TFG de mis compañeros, salvo cuando sea necesario para explicar el desarrollo de algunas placas electrónicas.

¿Pero qué es exactamente SPADE? ¿En qué consiste?

SPADE fue un experimento llevado a cabo por un equipo multidisciplinar de estudiantes de ingeniería de la Universidad de Sevilla seleccionado, en diciembre de 2014, para el programa REXUS/BEXUS en la campaña de BEXUS 20/21.

El programa REXUS/BEXUS es un acuerdo bilateral entre el Centro Aeroespacial Alemán (DLR) y la Junta Nacional Espacial Sueca (SNSB) en colaboración con la Agencia Espacial Europea (ESA) y apoyados por centros europeos relacionados con el sector aeronáutico y espacial (ZARM, EuroLaunch).

El experimento SPADE (Smartphone Platform for Acquisition of Data Experiment) pretendía diseñar y construir una plataforma inalámbrica de adquisición de datos basada en hardware comercial. Dicha plataforma consiste en una red de sensores inalámbricos y una unidad de medición con smartphones; esta fue embarcada en un globo estratosférico que ascendió hasta 27 km. de altura.

El objetivo de SPADE era analizar el rendimiento de la plataforma en condiciones estratosféricas como primera aproximación para futuras plataformas de sensores inalámbricos embarcadas en misiones de exploración espacial. El resultado del experimento no solo es de gran utilidad para el sector espacial, sino también, por extrapolación, para la industria aeronáutica, comercial y militar.

Además de los patrocinadores del programa se contó con el apoyo de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla (US), de la asociación de ingeniería AICIA, de la cátedra Airbus Group de Estudios Aeronáuticos, de la empresa Alter Technology (perteneciente a Tüv Nord Group) y de la empresa de microelectrónica Adevice.

Finalmente, tras concluir las distintas etapas de control del proyecto, en las que hubo que defender tanto la idea como el diseño, en octubre de 2015 se produjo la campaña de lanzamiento del globo estratosférico en Kiruna (Suecia), donde se embarcó SPADE.

El éxito de la misión recaía en que nuestro experimento comprobara si es posible reemplazar la tecnología espacial por tecnología comercial estudiando la actuación de la plataforma y la precisión de los datos obtenidos. Tanto si el comportamiento era bueno o malo implicaba grandes resultados. En caso de fallo en la obtención de datos se podía probar cuando y en qué condiciones había sucedido. De esta manera este proyecto no tenía en ningún caso un mal resultado y sería un buen punto para empezar a mejorar el diseño de una futura plataforma de sensores inalámbricos para el espacio.

El tren de configuración del globo estratosférico <sup>[1]</sup> en el que fue embarcado el experimento SPADE se muestra en la Ilustración 1, donde los principales elementos eran: *góndola*, *EBASS* (sistema de control de vuelo), y *globo*.

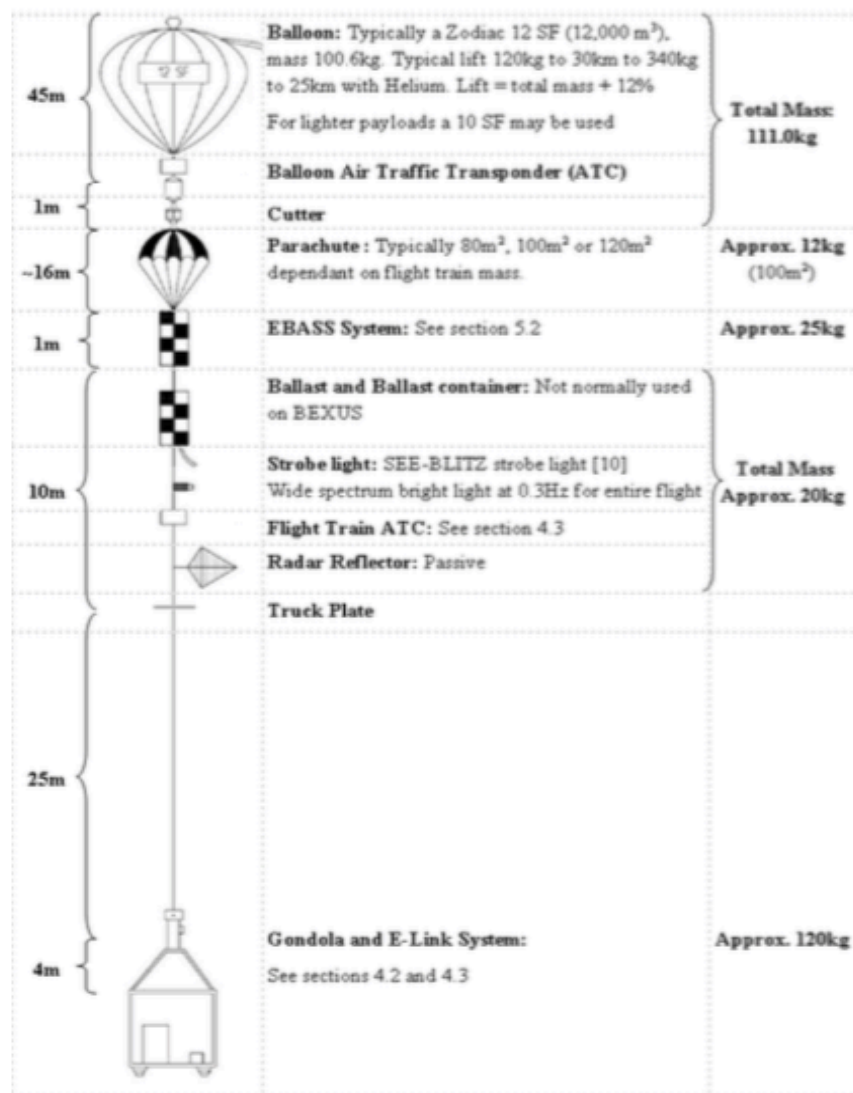


Ilustración 1. Configuración del globo estratosférico.

Fuente: BEXUS User's Manual, REXUS/BEXUS Organisers <sup>[1]</sup>

El experimento, situado en la *góndola*, estaba diseñado para funcionar durante todo el vuelo soportando las condiciones externas. El vuelo se dividía en distintas fases que componen el perfil de vuelo como se puede observar en la Ilustración 2:

1. **Lanzamiento:** mientras se infla con helio el globo, se sujeta la góndola que porta los experimentos con una grúa; cuando se termina de rellenar se suelta para que se inicie la siguiente etapa.
2. **Ascenso:** la velocidad nominal es de 5 m/s. Esta fase depende de la altitud de flotación estimada y de las variaciones de la velocidad; dura aproximadamente 1.5 horas.
3. **Flotación:** cuando toda la masa del sistema (localizada principalmente en la *góndola*) y el gas alcanzan el equilibrio, el ascenso finaliza y comienza la etapa de flotación. La altitud de flotación depende de la masa del sistema y se encuentra aproximadamente entre 25 y 30 km. Esta fase puede durar entre 1 y 5 horas.
4. **Corte:** en este punto se produce el corte del *globo* y la *góndola* empieza a caer en picado.
5. **Descenso con paracaídas:** poco después del corte se activa el paracaídas, reduciendo la alta velocidad del inicio del descenso; posteriormente se estabiliza cuando ya la góndola se encuentra más cerca del suelo.
6. **Impacto:** se suele dar con una velocidad de 7 – 8 m/s. El lugar de aterrizaje de la *góndola* no se conoce con precisión, lo que provoca una pequeña demora en la recogida de los experimentos.

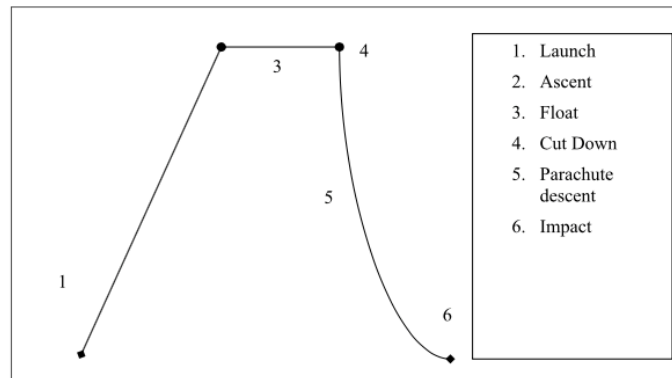


Ilustración 2. Perfil de vuelo

Fuente: BEXUS User's Manual, REXUS/BEXUS Organisers <sup>[1]</sup>

Cada una de las fases del vuelo tiene características propias y gran importancia; se irán definiendo a lo largo del experimento y serán expuestas más adelante.

A continuación, se detallarán algunos de los requisitos tanto funcionales como de diseño a los que iremos dando respuesta a lo largo de este trabajo:

Los requisitos funcionales del experimento son:

**F.1:** El experimento debe medir la temperatura fuera de la góndola durante todo el vuelo usando el nodo sensor.

**F.2:** El experimento debe medir la concentración de CO<sub>2</sub> fuera de la góndola durante todo el vuelo usando el nodo sensor.

**F.3:** El experimento debe medir partículas de rayos cósmicos durante el vuelo.

En cuanto a los requisitos de diseño, se tendrán los siguientes:

**D.1:** Las baterías de los componentes de la red de sensores deben estar calificados para su uso en las condiciones de BEXUS.

**D.2:** Las baterías de los componentes de la red de sensores deben ser recargables o tener la suficiente capacidad como para alimentar al experimento durante los tests pre-vuelo y vuelo.

**D.3:** Los componentes de la red de sensores no deben transmitir en la frecuencia de 2.4 GHz.

**D.4:** El router debe operar según las condiciones de presión de BEXUS.

**D.5:** Los componentes de la red de sensores deben poder operar según el perfil de temperatura de BEXUS.



## 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ELECTRÓNICA DE CONSUMO UTILIZADA EN SPADE

---

El proyecto tenía dos objetivos principales muy claros.

El primero era estudiar el comportamiento de la red de sensores en una situación extrema como las condiciones que BEXUS ofrecía (medio estratosférico con baja presión y baja temperatura). El estudio incluía la actuación de las comunicaciones hacia y desde una unidad central.

El segundo era testar la actuación de componentes comerciales tales como teléfonos móviles, sensores y baterías comerciales como unidad principal en este tipo de plataforma y en un medio tan hostil.

Para poder lograr estos objetivos, el proyecto se diseñó como una plataforma low-cost para la adquisición, en tiempo real, de datos para misiones de exploración estratosféricas. El experimento estaba formado por los siguientes elementos:

- Tres nodos sensores (SN).
- Un nodo concentrador (CN).
- Dos móviles con sensores internos y cámaras (SD1/SD2).
- Un router.
- Una estación de tierra (GS): formada por un ordenador portátil.

Así, podemos dividir el experimento en tres grandes bloques funcionales:

**BLOQUE 1:** consistente en una red inalámbrica de sensores. En ella se incluyen los nodos sensores y el concentrador formando una estructura de comunicación en estrella.

- El concentrador almacena la información sobre la red y la envía al router.
- Los sensores situados en los nodos se corresponden con las unidades de medida exterior donde se recogen los datos que son enviados al concentrador y almacenados en este.

**BLOQUE 2:** formado por la unidad central (CU) en donde se encuentran los dos móviles (SD1/SD2) y el router.

- SD1, SD2 toman sus propias medidas de forma independiente a partir de sensores internos.
- El router envía toda la información, tanto de la red de sensores como la recogida por los móviles, al E-link (sistema de comunicación con la góndola establecido por la Agencia Espacial Europea).

**BLOQUE 3:** compuesto por la estación de tierra (GS) la cual descarga los datos para su posterior análisis y también envía comandos para los posibles ajustes tanto de la red como de los móviles.

Los nodos (sensores) y el concentrador forman una red de comunicación Zigbee que se conecta al router por medio de una conexión Ethernet.

Además, los móviles se conectan al router para transmitir todas las medidas en tiempo real por medio de un adaptador microUSB-USB-ethernet. En el caso de fallo de uno de los móviles el otro es capaz de asumir todo el trabajo gracias a la redundancia impuesta en los sistemas.

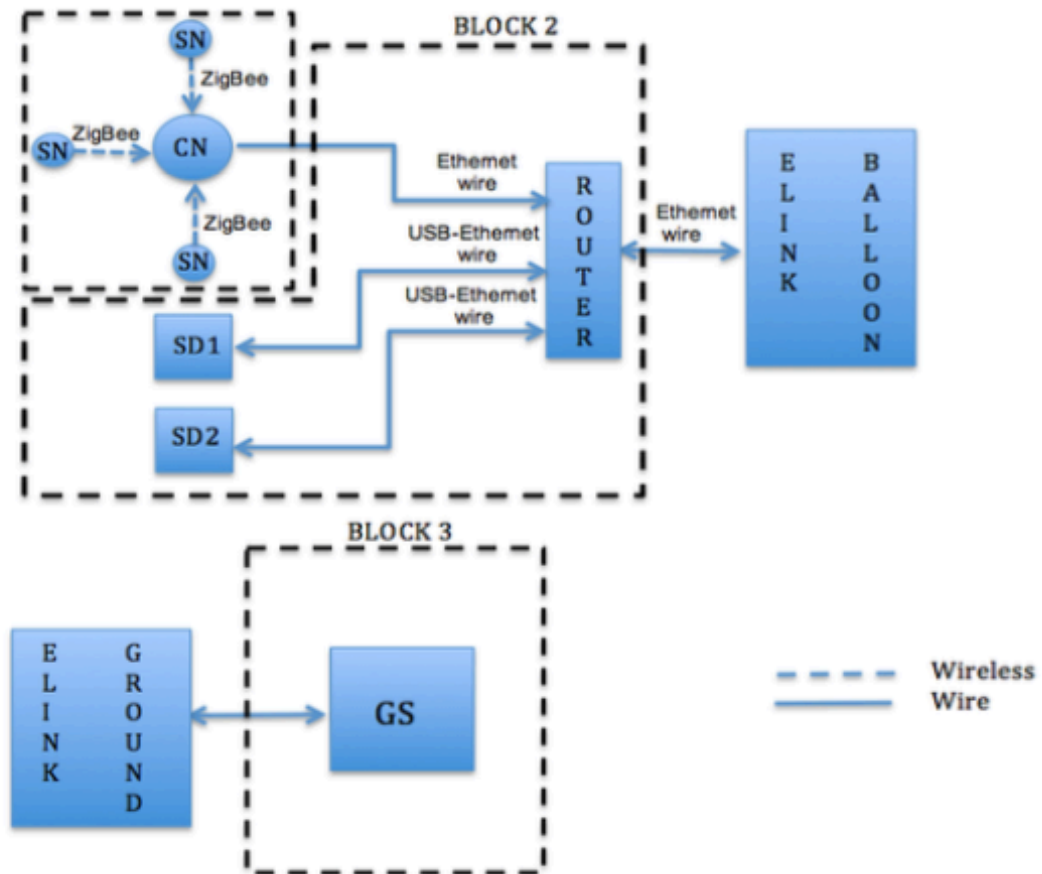


Ilustración 3. Set-up del experimento

En la Ilustración 3, se muestran todas las conexiones, tanto por cable como inalámbricas, a nivel general de la electrónica de consumo que formaba SPADE; también se muestran los bloques por los que estaba compuesto y que se han mencionado anteriormente.

Más adelante se entrará en más detalles sobre estas conexiones y las adaptaciones que se tuvieron en cuenta para el éxito del experimento.



# 3 ADAPTACIÓN DE LOS COMPONENTES COMERCIALES A CONDICIONES ESTRATOSFÉRICAS

Las condiciones atmosféricas que se dan en BEXUS son muy críticas en lo referente a temperatura y presión, por eso todos los equipos y componentes de SPADE debían de estar acondicionados para su correcto funcionamiento dentro de este medio. En este capítulo, se resuelven los siguientes requisitos expuestos en la introducción:

**D.3:** Los componentes de la red de sensores no deben transmitir en la frecuencia de 2.4 GHz.

**D.4:** El router debe operar según las condiciones de presión de BEXUS.

**D.5:** Los componentes de la red de sensores deben poder operar según el perfil de temperatura de BEXUS.

## 3.1 Temperatura

### Situación:

En cuanto al perfil de temperatura normal dentro de la góndola se puede dividir en distintas fases <sup>[1]</sup>:

- **Fase de pre-lanzamiento:** la preparación de la carga en la góndola se realiza dentro de un hangar con una temperatura de  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ . Una vez que todos los experimentos están colocados en la góndola, ésta se saca al exterior, a la zona de lanzamiento donde las temperaturas varían entre  $0^\circ\text{C}$  y  $-15^\circ\text{C}$  en la temporada de septiembre-octubre. La góndola podrá pasar varias horas expuesta a estas temperaturas.
- **Fase de cuenta atrás:** durante esta fase puede subir la temperatura debido al funcionamiento de todos los sistemas a la vez.
- **Fase de vuelo:** se pueden alcanzar temperaturas de hasta  $-80^\circ\text{C}$ . En la Figura 3-1 se puede observar la gráfica de las temperaturas recogidas por sondas durante los periodos de campaña de BEXUS.

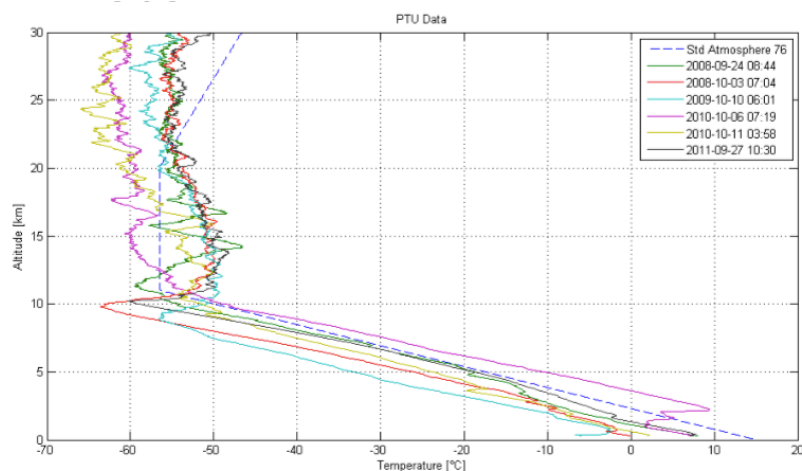


Ilustración 4. Gráficas de temperatura obtenidas por las sondas de BEXUS

- **Fase de post-vuelo:** después del impacto contra el suelo la carga estará en contacto con nieve y con aire frío. La carga podrá estar al aire libre durante dos días. Todo elemento sensible a estas condiciones deberá estar correctamente diseñado o protegido para evitar su mal funcionamiento.

#### Adaptación:

La adaptación de los componentes de SPADE para soportar las distintas temperaturas se encuentra dentro del diseño del sistema térmico y mecánico del proyecto, por lo que no se entrará en mucho detalle. Lo que sí es de mencionar es la creación de una PCB encargada de regular la temperatura en el interior del experimento aportando calor mediante una resistencia cerámica para contrarrestar el frío del medio. De esta PCB se hablará con detalle más adelante.

### 3.2 Presión

#### Situación:

La presión durante el vuelo va a variar de manera significativa durante todas sus fases.

#### Adaptación:

Para tener en cuenta los efectos de la presión había que cuidar que los componentes de SPADE la soportaran adecuadamente.

Con respecto a los componentes electrónicos comerciales de los diferentes módulos, todo aquel condensador electrolítico existente en los componentes comerciales, ya sean del *router* como de los *nodos* (sensores) y del *concentrador*, fueron sustituidos por condensadores de tántalo, con la misma capacidad y voltaje de ruptura para un vuelo seguro.

Esta adaptación era necesaria para evitar problemas con el experimento ya que los condensadores electrolíticos poseen riesgo de explosión debido a la baja presión sobre el líquido que contienen.



Ilustración 5. Cambio de condensadores electrolíticos a condensadores de tántalo

Se hicieron los siguientes cambios en los *sensores* y *router*:

- 1) En el caso de los *sensores STHI*, cada uno incluía dos condensadores electrolíticos:
  - Uno de 100  $\mu$ F.
  - Uno de 300  $\mu$ F.
- 2) Para el *router*:
  - Seis de 100  $\mu$ F y 25 V.
  - Siete de 100  $\mu$ F y 16 V.

### 3.3 Radiofrecuencias

Por último, una restricción muy importante a la hora de desarrollar el experimento y que afecta en gran medida a la electrónica de SPADE, son las radiofrecuencias. La siguiente tabla (Tabla 1) muestra las frecuencias que no están disponibles para el uso de ningún proyecto, puesto que son utilizadas para la telemetría, seguridad y sistemas de recuperación de la góndola.

Frecuencias no permitidas para usar durante el vuelo
400-405 MHz
449-451 MHz
1025-1035 MHz
1089-1091 MHz
2405-2496 MHz (Ch 2-14 in 2.4 GHz-band)

Tabla 1. Frecuencias no permitidas en los experimentos

Dado que nuestro proyecto incluía comunicación inalámbrica, había que tener bastante cuidado con esta restricción. Como se verá más adelante en la descripción de cada módulo del proyecto la red comunicaba en la banda de frecuencia 863 – 870 MHz, frecuencias libres para poder usarlas. Además, los móviles no tenían acceso a internet, así que no hubo problemas con esta adaptación.



# 4 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE SPADE

Aunque el experimento conllevaba una gran carga de desarrollo a nivel de software, al usar tecnología low cost se garantizaba una baja probabilidad de sufrir un fallo en el hardware debido al diseño del producto. En este capítulo los requisitos a los que les daremos respuesta serán:

**F.1:** El experimento debe medir la temperatura fuera de la góndola durante todo el vuelo usando el nodo sensor.

**F.2:** El experimento debe medir la concentración de CO<sub>2</sub> fuera de la góndola durante todo el vuelo usando el nodo sensor.

**F.3:** El experimento debe medir partículas de rayos cósmicos durante el vuelo.

## 4.1 Esquema general de interconexiones de toda la electrónica.

Como fuente principal de alimentación se usaron las baterías de 28V que proporcionaba la góndola para uso de los equipos y que nos sirvieron para poder alimentar a la unidad central (CU). En el experimento tuvimos la necesidad de incluir el sistema de control térmico en el nodo 2 y en la unidad central. El siguiente esquema muestra el diagrama de conexiones de nuestro experimento.

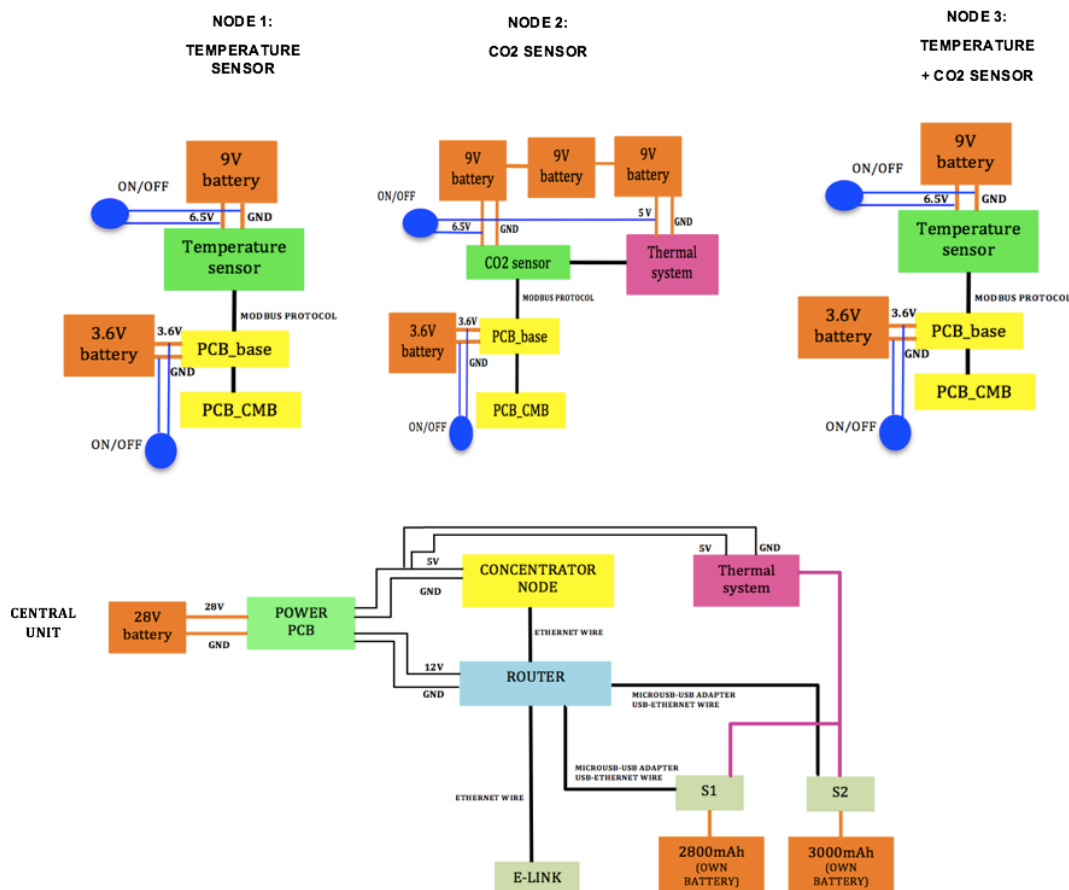


Ilustración 6. Esquema completo de conexiones de SPADE

## 4.2 Red de sensores inalámbrica

La red de sensores inalámbrica (nodos + concentrador ONE GO <sup>[2]</sup>) fue proporcionada en su totalidad por la empresa ADEVICE para el desarrollo del experimento. ONE GO es un sistema de comunicaciones inalámbricas que permite transportar los valores leídos desde diferentes terminales, que se encuentran repartidas por una instalación, a un punto central donde se pueden consultar y gestionar.

El sistema ONE GO se compone de los siguientes elementos:

- Terminales de lectura: son los dispositivos que se acoplan a los distintos equipos y almacenan la información relativa a la identificación del equipo, fecha y hora de la medida realizada y su valor. Esta información la manda al concentrador.
- Concentradores: son los dispositivos encargados de transportar los datos de los terminales de lectura o repetidores hasta el Servidor. En nuestro caso solo existía un nodo concentrador.

La configuración de la red en el experimento corresponde con una red de estrella con los nodos enviando directamente toda la información de los sensores al nodo concentrador (Ilustración 7).

### Red estrella



Ilustración 7. Configuración red estrella ONE GO

Fuente: Manual sistema inalámbrico ONE GO, ADEVICE <sup>[2]</sup>

Las características técnicas se recogen en la siguiente tabla (Tabla 2).

Especificaciones ONE GO	
Frecuencia de transmisión	868/915 MHz
Distancia máxima	400 m
Lectura Modbus	RTU/RS485
Protocolo	IEEE 802.15.4 / Red ONE – GO
Tasa de datos	20kbps (modulación BPSK)
Potencia de transmisión	25mW
Sensibilidad del receptor	-110 dBm
Antena	3 dB

Tabla 2. Especificaciones red ONE GO

#### 4.2.1 Nodos (terminales de lectura):

Cada nodo disponía de dos PCBs que se distinguían entre PCB\_BASE y PCB\_CMB. La PCB del nodo concentrador era similar a la de los otros nodos, pero no incluía la interfaz para la comunicación Modbus.

- La PCB\_BASE y la PCB\_CMB formaban parte de la conexión inalámbrica.
- La PCB\_BASE estaba formada por la interfaz de comunicación Modbus y de pulso y la estación de carga; mientras que la PCB\_CMB tenía la unidad de comunicación a 868 MHz bajo el estándar 802.15.4.

Características de la PCB\_BASE:

- Core: Microcontrolador EFM32TG210F32.
- Interfaz de programación.
- Interfaz con la PCB\_CMB: dos conectores para realizar la conexión.
- Core-CMB comunicación por UART.
- Soporte físico para la PCB\_CMB.
- Alimentación para la PCB\_CMB.
- Interfaz RS-485.

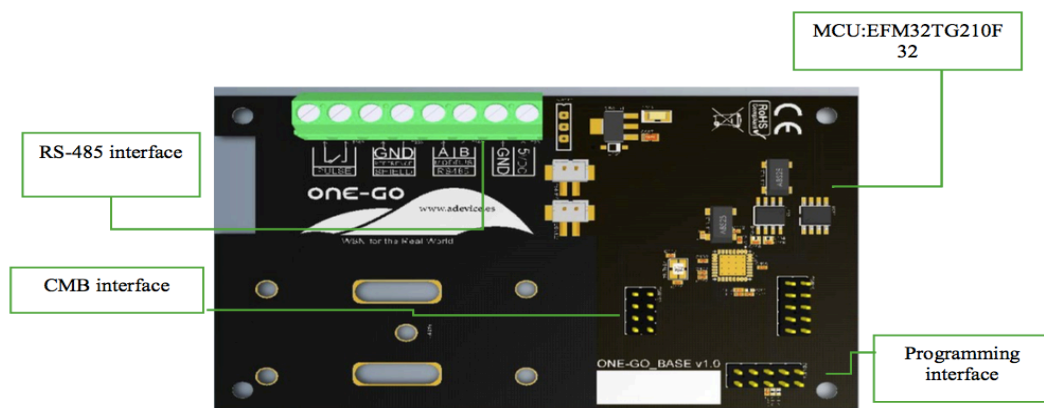


Ilustración 8. PCB\_BASE

Fuente: Manual sistema inalámbrico ONE GO, ADEVICE<sup>[2]</sup>

Características de la PCB\_CMB:

- Alimentada por el conector CON101.
- Radio: Microcontrolador ATXMEGA256A3U // Transceiver: el transceptor usado es AT86RF 212 que trabaja en la banda ISM 863-870MHz y con modulación BPSK con una tasa de datos de 20kpbs.
- Reloj en tiempo real RTC ISL1208.
- Interfaz de programación.

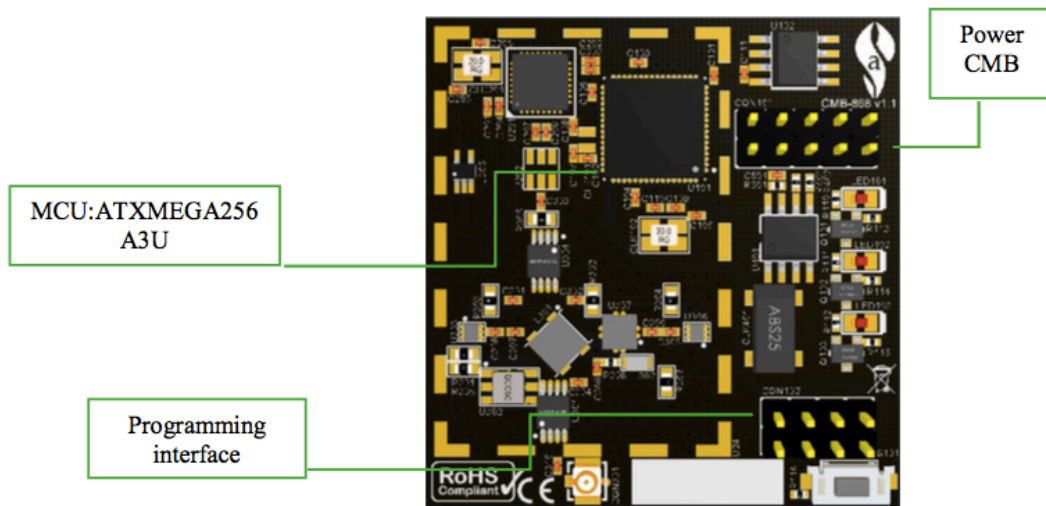


Ilustración 9. PCB\_CMB

Fuente: Manual sistema inalámbrico ONE GO, ADEVICE <sup>[2]</sup>

#### 4.2.2 Concentrador:

El nodo concentrador estaba formado por una PCB comercial (Beaglebone Black); una PCB\_CMB (la misma que en el caso de los nodos) y una PCB denominada PCB\_CAPE. Esta última es una PCB de adaptación entre la PCB\_CMB y la Beaglebone Black.

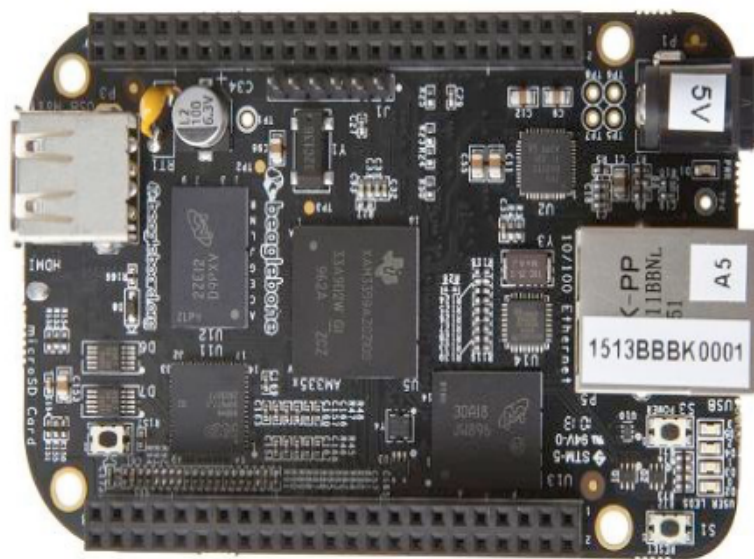


Ilustración 10. Beaglebone Black

Fuente: Manual sistema inalámbrico ONE GO, ADEVICE <sup>[2]</sup>

Especificaciones de la PCB Beaglebone Black:

- Memoria FLASH: 4GB.
- Ethernet: 10/100, RJ45.
- Alimentación: vía USB o 5V DC.
- Procesador: 1GHz AM3359 Sitara ARM Cortex-A8.

Esta PCB incluye un puerto MicroSD donde se introdujo una tarjeta de memoria para almacenar toda la información de los sensores. Además, cuenta con un puerto Ethernet para conectarlo al router directamente.



### Conexiones entre las PCBs

En los nodos, la PCB\_CMB estaba conectada a la PCB\_BASE por la interfaz CMB. La alimentación de las PCBs se hacía por medio de baterías de litio de 3.6V para conectar sus terminales a los conectores de la PCB\_BASE.

Con respecto al nodo concentrador, la PCB\_CMB estaba conectada a la Beaglebone Black mediante la PCB de adaptación (PCB\_CAPE). La alimentación de las PCBs se hacía por medio del conector en la Beaglebone Black.

### **4.2.3 Sensores:**

Los sensores low cost elegidos para el experimento fueron los STHI, ya que destacaban por su forma compacta, su comunicación por RS-485 y su operatividad en el rango de temperatura de -40°C a 85°C.

Los modelos que se usaron dentro de la gama existente fueron:

- Modelo 150113-T: sensor de temperatura.
- Modelo 150113-TH: sensor mixto de temperatura, humedad y CO<sub>2</sub>.
- Modelo 150113-C: sensor CO<sub>2</sub>.

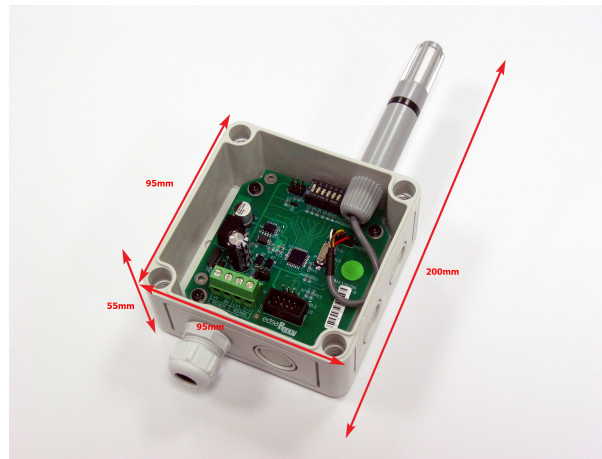


Ilustración 11. Dimensiones sensores STHI

Fuente: Manual sensores STHI, RAY Ingeniería Electrónica <sup>[3]</sup>

Las dimensiones de los sensores STHI se muestran en la Ilustración 11. Para todos los sensores eran las mismas dimensiones, solo cambiaba la presencia del sensor de temperatura que salía hacia fuera a modo de antena.

#### **4.2.3.1 Sensor de temperatura y sensor de CO<sub>2</sub>**

La arquitectura interna de los sensores STHI estaba basada en Arduino e incorporaba el microcontrolador ATmega328.

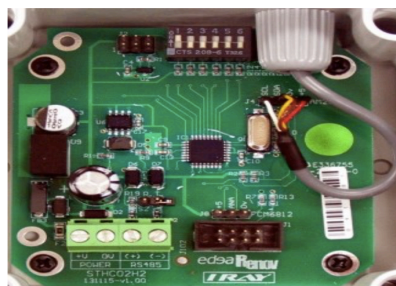


Ilustración 12. PCB de los sensores STHI

Fuente: Manual sensores STHI, RAY Ingeniería Electrónica <sup>[3]</sup>

Para los sensores de temperatura y CO<sub>2</sub>, debido a que los sensores trabajaban en un rango de 6.5 V a 30 V (según las especificaciones de los sensores), encajaron con las baterías de 9 V que teníamos certificadas para el vuelo.

Para medidas de temperatura y de humedad presenta protección IP66, y además protección contra inversión de polaridad inversa, por si ocurría algún problema con las baterías.

En las siguientes tablas (Tabla 3 y Tabla 4) se presentan las especificaciones<sup>[3]</sup> concretas para los sensores de temperatura y CO<sub>2</sub>.

Especificaciones del sensor de temperatura	
Tipo de sensor	DS18B20+ (DALLAS-MAXIM)
Interface	1-wire
Resolución	0.1°C
Rango de medida	-40 a 85°C
Precisión típica	± 0.1°C
Precisión máxima	± 1°C
Grado de protección	IP66

Tabla 3. Especificaciones del sensor de temperatura

Especificaciones del sensor de CO <sub>2</sub>	
Tipo de sensor	CDM8S (SENSE AIR)
Tecnología del sensor	Infrarrojos
Interface	SERIAL TTL
Resolución	1 ppm
Rango de medida	400 ~ 10000ppm
Precisión típica	± 0.02%(volumen CO <sub>2</sub> ) ±3%(lectura)
Rango de temperatura de operación	0°C a 50°C
Grado de protección	IP40

Tabla 4. Especificaciones del sensor de CO<sub>2</sub>

#### 4.2.3.2 Sensor de temperatura + CO<sub>2</sub> + humedad: (versión de vuelo)

Este sensor reemplazó al detector de protones en la versión definitiva de vuelo. Tiene las mismas especificaciones y la misma configuración de PCB (Ilustración 12) que el sensor de temperatura y CO<sub>2</sub>, como se ha explicado en el apartado anterior.



Ilustración 13. Sensores STHI

#### 4.2.3.3 Detector de protones en colaboración con el CNM (Barcelona): (no en la versión de vuelo).

Este detector de protones estaba compuesto por 4 PCBs: una PCB con la electrónica de lectura del detector, una PCB con los sensores detectores de las partículas, una de alimentación del sistema y un Arduino UNO.

El sistema completo montado sobre soporte (Ilustración 14), tenía unas dimensiones de  $12 \times 12 \text{ cm}^2$  y un peso de 116 g, sin incluir el peso de las baterías.

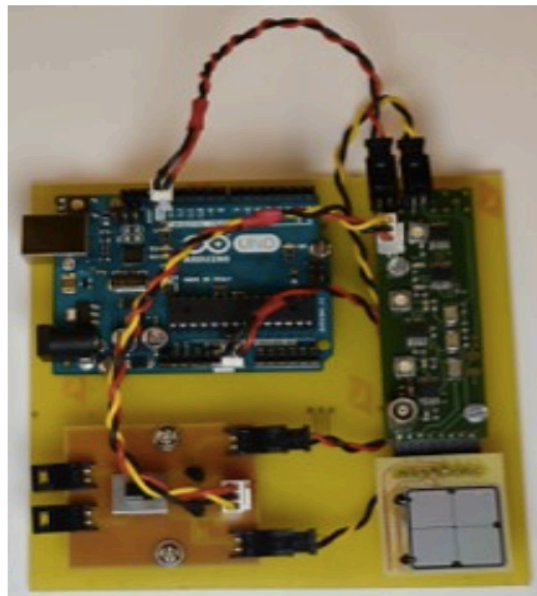


Ilustración 14. Sistema completo del detector de protones

Fuente: Sistema detector SPADE, CNM Barcelona <sup>[6]</sup>

#### Detector:

El sensor se trataba de un diodo de silicio, tipo PiN con  $525 \mu\text{m}$  de espesor y  $4 \text{ cm}^2$  de superficie. El detector se componía de 4 sensores ( $1 \text{ cm}^2$  de superficie cada uno) conectados en paralelo.

Los sensores llevaban una capa de protección, debido a que el silicio podría rallarse y, por ello, dejaría de funcionar el conjunto entero.

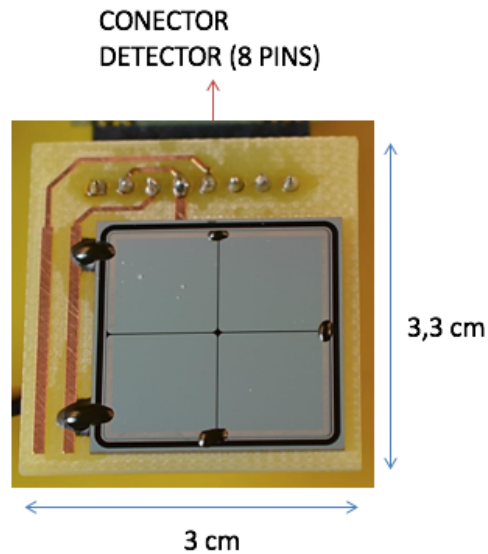


Ilustración 15. Detector

Fuente: Sistema detector SPADE, CNM Barcelona <sup>[6]</sup>

#### Electrónica de lectura del detector:

La PCB de electrónica llevaba tres potenciómetros regulados para que el sistema solo detectase partículas que dejaran energía  $\geq 1\text{MeV}$ .

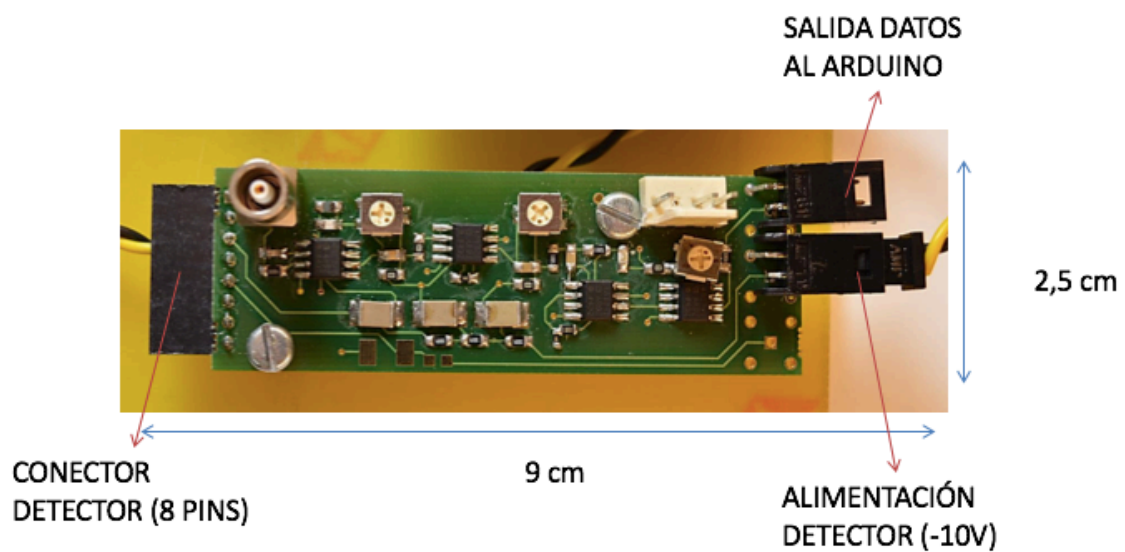


Ilustración 16. Electrónica de lectura del detector

Fuente: Sistema detector SPADE, CNM Barcelona <sup>[6]</sup>

PCB de alimentación del sistema:

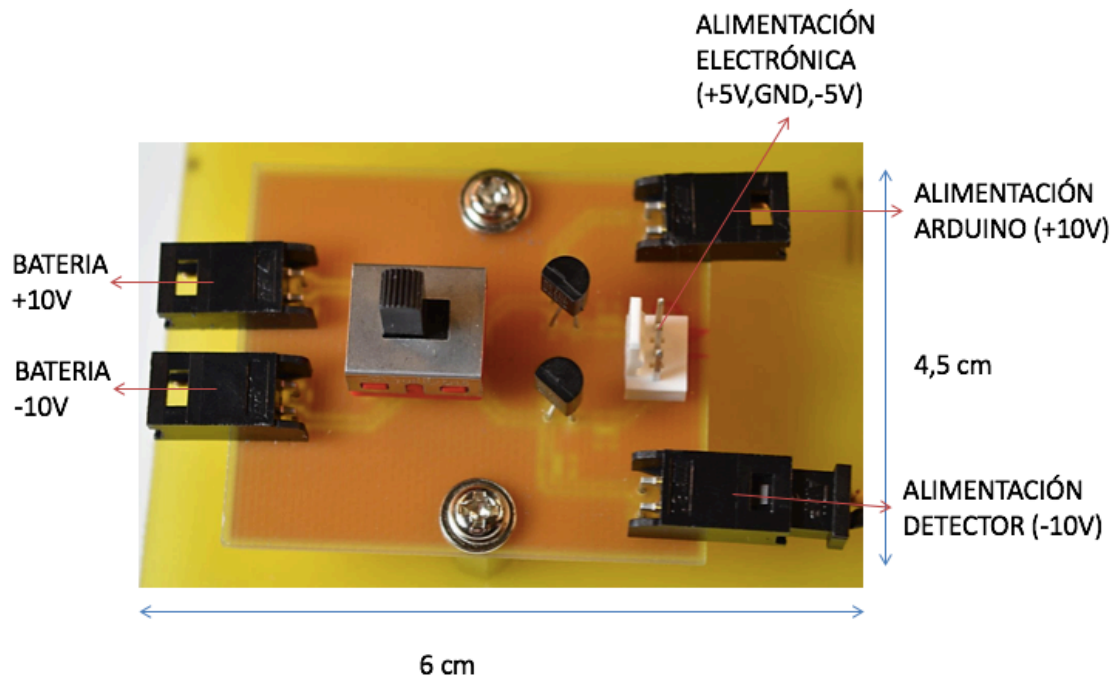


Ilustración 17. PCB de alimentación del sistema detector

Fuente: Sistema detector SPADE, CNM Barcelona <sup>[6]</sup>

Arduino UNO:

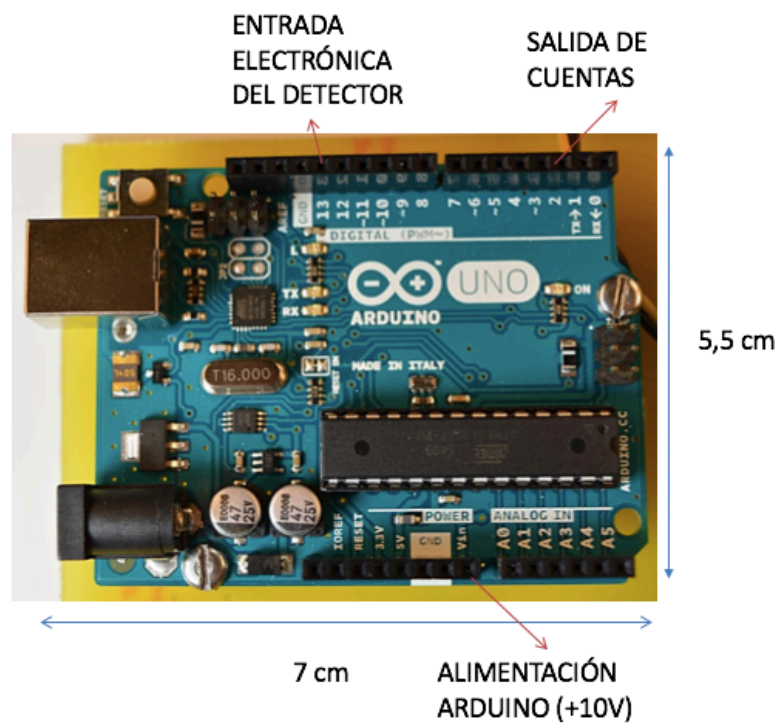


Ilustración 18. Arduino UNO

Fuente: Sistema detector SPADE, CNM Barcelona <sup>[6]</sup>



Consumo de los diferentes componentes electrónicos por separado:

- Arduino: 50 mA.
- PCB de electrónica del detector: 80 mA.
- PCB de alimentación: 40 mA.

En la siguiente imagen (Ilustración 19) podemos ver como se desarrolló la prueba de funcionamiento del detector (la pantalla LCD solo estaba presente en el modo de test).

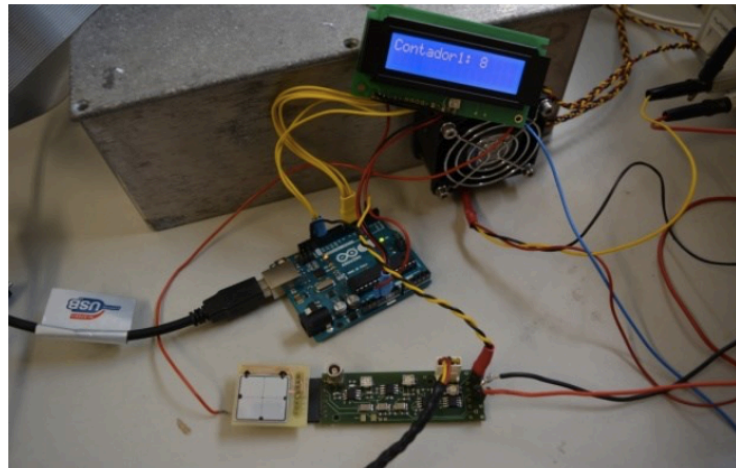


Ilustración 19. Modo de test del detector de protones

Para poder realizar correctamente la comunicación entre el sensor y nuestra red de nodos inalámbrica, era necesario desarrollar una placa que convirtiera la salida del Arduino a lenguaje Modbus. Esta placa se nombraría como PCB Modbus para diferenciarla del resto de placas que se desarrollarán a lo largo de este proyecto. Por esta razón, se eligió un transceptor de bus diferencial para comunicación RS-485 denominado MAX3460ESD+, que tenía un encapsulado tipo SOIC y un rango de temperatura de operación de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $85^{\circ}\text{C}$ . Esta PCB Modbus se alimentaría a través del Arduino.

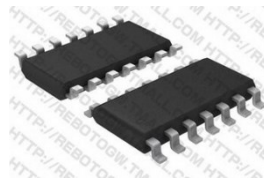


Ilustración 20. MAX3460ESD+

El esquema de conexiones que se seguiría era la siguiente:

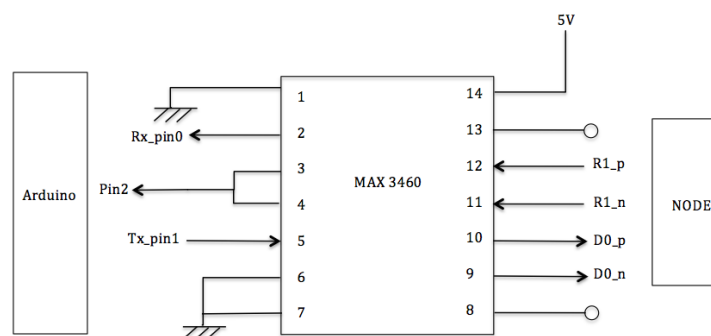


Ilustración 21. Esquemático PCB Modbus

#### 4.2.3.4 Implementación del protocolo Modbus para el sensor de protones.

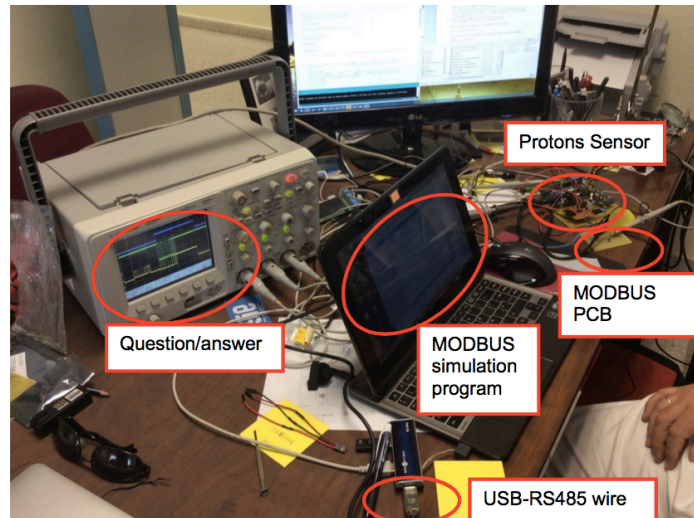


Ilustración 22. Implementación protocolo Modbus

Esta implementación es solo parte del desarrollo del sensor de protones. Los otros sensores (temperatura y CO<sub>2</sub>) tenían su propio protocolo de Modbus incluido.

Modbus es un protocolo de solicitud-respuesta implementado usando una relación maestro-esclavo. En una relación maestro-esclavo, la comunicación siempre se produce en pares, un dispositivo debe iniciar una solicitud y luego esperar una respuesta; el dispositivo de inicio (el maestro) es responsable de iniciar cada interacción. En nuestro sistema, el nodo sería el ‘maestro’ de la comunicación Modbus y el Arduino el ‘esclavo’.

En primer lugar, para la implementación del protocolo Modbus en este sensor, se desarrolló un programa para el Arduino. En este programa se incluyó un contador para enviar los datos al nodo de ADEVICE.

Una vez que el Arduino funcionaba correctamente, se procedió a implementar el Modbus en nuestra PCB. Para la simulación, se utilizó un cable USB-RS485 y un programa de simulación “Doclight Scripting v2”. Nuestra PCB solo se componía por el MAX3460ESD+; este microchip es un transceptor full dúplex, así que teníamos un emisor y un receptor (señales de receiver y driver) dentro del microchip. El chip estaba pensado para convertir el protocolo eléctrico. El protocolo lógico lo hace el procesador.

En la Ilustración 22, se muestran todos los componentes utilizados para la simulación. En el osciloscopio se monitorizó la respuesta del Arduino; y las señales de receiver/driver en la PCB Modbus.

En la Ilustración 23, se muestra el correcto comportamiento del sensor de protones y la PCB Modbus.

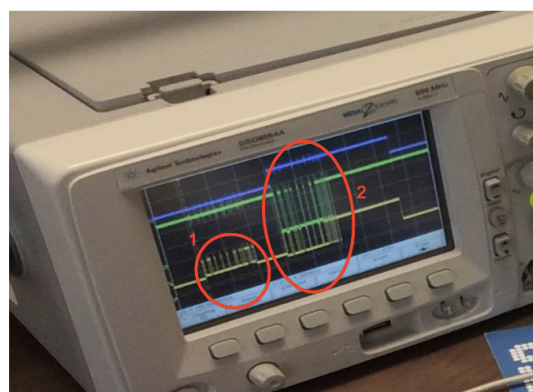


Ilustración 23. Respuesta en el osciloscopio

La línea amarilla es el driver de la PCB Modbus y la línea verde es el Arduino. En el primer círculo rojo marcado podemos observar como la PCB está mandando la ‘pregunta’ al Arduino. En el segundo, se muestra la respuesta del Arduino (verde) y la misma respuesta en el driver del transceptor (amarillo). Esta señal nos llegaba al ordenador.

Cuando se obtenían los datos del sensor en el ordenador (programa de simulación), eran en forma de contador hexadecimal.

La línea azul muestra la señal del Arduino, que se encontraba en valor ‘high’ cuando el Arduino se encontraba transmitiendo.

Debido a problemas con el desarrollo de la comunicación entre el Arduino y el nodo, este sensor no pudo ser incluido en la configuración del experimento en la versión de vuelo. Así que se decidió incluir un tercer sensor STHI mixto (temperatura, CO<sub>2</sub>, humedad) como se ha explicado en el apartado de los sensores STHI.

### 4.3 Unidad central

Estaba compuesta por el router, el nodo concentrador y los smartphones. Del nodo concentrador ya se ha hablado en los apartados anteriores, así que pasamos a la descripción del router y sus especificaciones.

#### 4.3.1 Router

El router que se seleccionó fue de la casa D-LINK y el modelo DSR-250N <sup>[5]</sup>. La elección de este modelo estaba basada en la variedad de puertos que presentaba y la robustez de los mismos.



Ilustración 24. Router DSR-250N

Una vez que se comprobó la viabilidad del componente tuvimos que proceder con la adaptación para que su comportamiento fuese adecuado en el medio en el que tendría que operar; esto se explicó en el capítulo de adaptación de los componentes del experimento. Del router dependía el éxito del experimento, si fallaba no conseguiríamos los datos de la red de sensores ni de los móviles.

Por supuesto, en el experimento se montó la PCB principal del router sin la carcasa ni las antenas. La temperatura de operación era de 0°C a 40°C, aunque la temperatura mínima que alcanzaría en vuelo el experimento sería mucho menor que 0°C, el sistema térmico en la unidad central mantuvo de forma correcta el calor en la caja.



Especificaciones del router DSR-250N	
Protocolos	IPSec, PPTP/L2TP, GRE, SSL
Ethernet interface	1 x 10/100/1000 Mbps WAN Ports 8 x 10/100/1000 Mbps LAN Ports
USB 2.0 puertos	1
Puerto de la consola	RJ-45
Alimentación	DC 12 V/1.5 A
Consumo máximo	12.6 W
Temperatura de operación	0 a 40°C

Tabla 5. Especificaciones Router DSR-250N

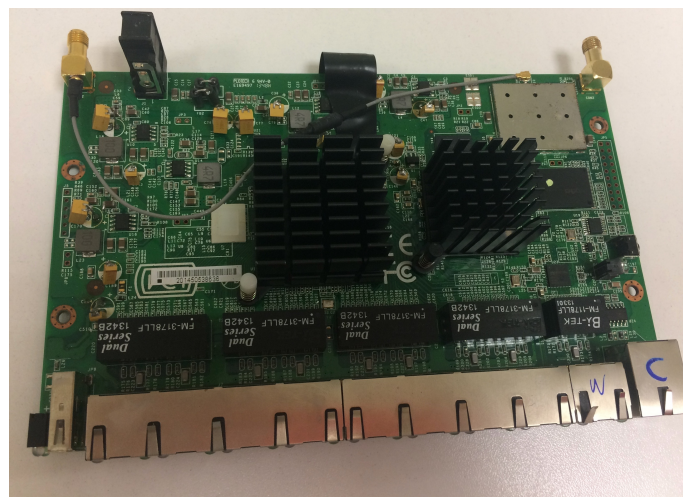


Ilustración 25. PCB router

En la Ilustración 25 se muestra la placa base del router una vez que se realizó la adaptación.

#### 4.3.2 Smartphones

En cuanto a los smartphones los modelos que se eligieron con el objetivo de que cumplieran con éxito el experimento fueron dos móviles LG G3.



Ilustración 26. LG G3 Modelo de smartphone de SPADE

En cuanto a las especificaciones, se recogen en la Tabla 6.

Especificaciones básicas de los smartphones LG G3	
Dimensiones (mm)	146.3 x 74.6 x 8.9
Sistema Operativo	Android™ 5.0 Lollipop
Batería	Standard, Li-Ion 3000 mAh
Peso	151 g
MicroSD	Hasta 128 GB
Procesador	Quadcore 2.5 ghz

Tabla 6. Especificaciones LG G3

Además de todas estas especificaciones, el LG G3 contaba con GPS con soporte A-GPS y GLONASS, una de las cosas que nos proporcionaría la posición del experimento en todo momento; también tenía un sensor giroscópico y un sensor acelerómetro para autorotación.

#### 4.3.3 Conexiones en la unidad central

El nodo concentrador enviaba toda la información al router a través de un cable ethernet. Este cable se conectaba al puerto Ethernet (RJ-45) de la placa Beaglebone Black del concentrador y a uno de los puertos del router. Para conectar los smartphones con el router se utilizaron cables USB-Ethernet. Para realizar estas conexiones era necesario utilizar adaptadores microUSB-USB.

El router se conectaba al interfaz E-Link mediante un único cable ethernet. La elección del router se debió a que contaba con suficientes puertos que harían posibles estas múltiples conexiones.

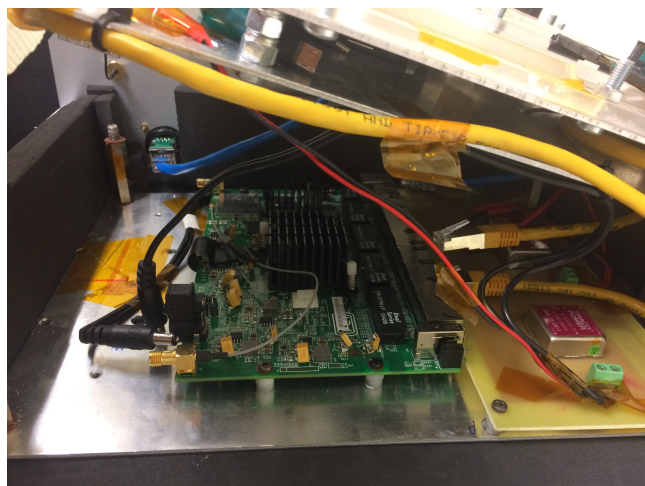


Ilustración 27. Distribución interior unidad central

En la Ilustración 27, podemos ver la manera en que se encontraban dispuestas las dos PCBs en la unidad central y el cableado de estas en la versión de vuelo.

#### 4.4 Sistema de encendido y apagado

Para iniciar el experimento se incluyeron interruptores para los nodos. Se usaron siete en total, dos para los nodos 1 y 3 y tres para el nodo 2 (CO<sub>2</sub>). Uno de ellos se conectaba a la batería y el otro al sensor. En el caso del nodo 2, el tercer interruptor se conectaba al sistema térmico activo.

La unidad central se encendía una vez que la alimentación de la góndola (baterías BEXUS) se encendiera. Como los smartphones usaban sus propias baterías, se encontraban en modo de standby durante los ensayos pre-vuelo.

El modelo de interruptor que se eligió fue C3900BAAAA de la casa Arcoelectric.



Ilustración 28. Modelo de interruptor

Especificaciones del Interruptor C3900BAAAA	
Tipo	Palanca
Rango de temperatura	-45°C a 140°C
Tensión	1000 Vpow/1 minuto

Tabla 7. Especificaciones interruptores

Esta serie de interruptores traía un protector de plástico para impedir el movimiento de la palanca de accionamiento. Este protector se muestra en la Ilustración 29.



Ilustración 29. Protector interruptores

## 4.5 Cables

Para la conexión del router con el E-Link se utilizó el siguiente modelo de cable Ethernet:



Ilustración 30. Modelo de cable Ethernet

En la unidad central se necesitaban cuatro cables Ethernet. Cada uno con una longitud de 0.5 m, U/UTP, sin halógenos (LSZH) y baja desgaseificación.

Para la conexión con las baterías de la góndola se utilizó un cable con las siguientes especificaciones.

Especificaciones del cable de conexión con las baterías	
Longitud	1.5 m
Tensión	28 V
$\Delta V$	0.7 V
I	1 A
Sección	72e-3 mm <sup>2</sup>
Sección estándar *	0.25 mm <sup>2</sup>

Tabla 8. Especificaciones cable conexión baterías BEXUS

\*Estos valores han sido calculados con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{2\rho LI}{\Delta V}$$

Los adaptadores para conectar los smartphones al router eran de la casa Edimax (Ilustración 31). Estos adaptadores no requerían un adaptador de potencia externo. Estaban diseñados bajo el estándar USB 2.0 que soportaba una tasa de transferencia de datos de más de 480 Mbps, asegurando una correcta actuación Ethernet de 10/100Mbps.



Ilustración 31. Adaptadores USB-Ethernet

Para conectar estos adaptadores a los smartphones era necesario incluir unos cables microUSB-USB. El modelo elegido fue uno genérico:



Ilustración 32. Modelo cable microUSB-USB

## 4.6 Fijaciones

Debido a la cantidad de cables y adaptadores existentes en el experimento, era muy importante el desarrollo de un buen sistema de fijación de estos cables; para ello se usaron abrazaderas.



Ilustración 33. Abrazaderas para los cables

El rango de temperatura de estas abrazaderas era de  $-30^{\circ}\text{C}$  a  $60^{\circ}\text{C}$ .

Además, ADEVICE nos proporcionó clips para agarrar las baterías y que estas no se movieran dentro de los nodos. También el uso de estos clips nos aseguraba que la batería estuviera bien conectada al sensor.



Ilustración 34. Clips para las baterías proporcionadas por ADEVICE



## 5 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PLACA DE POTENCIA PARA LA UNIDAD CENTRAL

Para la alimentación del router y del nodo concentrador (elementos que conforman la CU) se utilizó una batería de 28V que nos proporcionaba la organización, denominada *battery pack*. Para poder realizar el cambio de 28V a las tensiones que necesitaban cada uno de los elementos se realizó una PCB con este fin. Esta PCB se denominó *Power PCB*.

El nodo concentrador necesitaba 5V de alimentación y el router 12V. Para hacer esta adaptación de tensión se usaron dos transformadores DC/DC.

En la elección de estos transformadores se tuvo en cuenta que ambos debían soportar temperaturas extremas, por eso se eligieron los modelos siguientes:

- 5V: THN-15 SERIES, 15 WATTS, TRACO POWER
- 12V: TEN 30WIN SERIES, 30 WATTS, TRACO POWER

Ambos son de la marca TRACO POWER, soportan un rango de temperatura desde -40°C hasta 75°C, y tienen las siguientes propiedades <sup>[4]</sup>:

Modelo	Input Voltage range	Output Voltage	Output Current max.	Efficiency	Weight
THN 15-2411	18-36V	5 VDC	3'000 mA	86%	15 g
TEN 30-2412WIN	9-36 V	12 VDC	1.25 A	87%	31 g

Tabla 9. Características convertidores DC/DC

Las dimensiones de los componentes y la denominación de los pines se muestran en la Ilustración 35 y en la Ilustración 36.

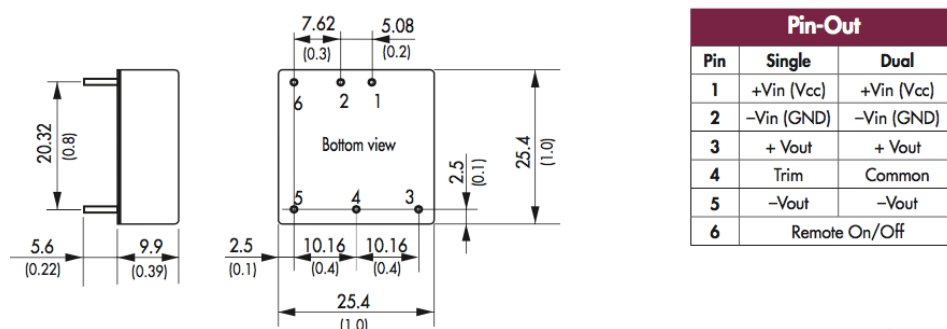


Ilustración 35. Dimensiones THN 15-2411

Fuente: Datasheet DC/DC Converters, TRACO POWER <sup>[4]</sup>

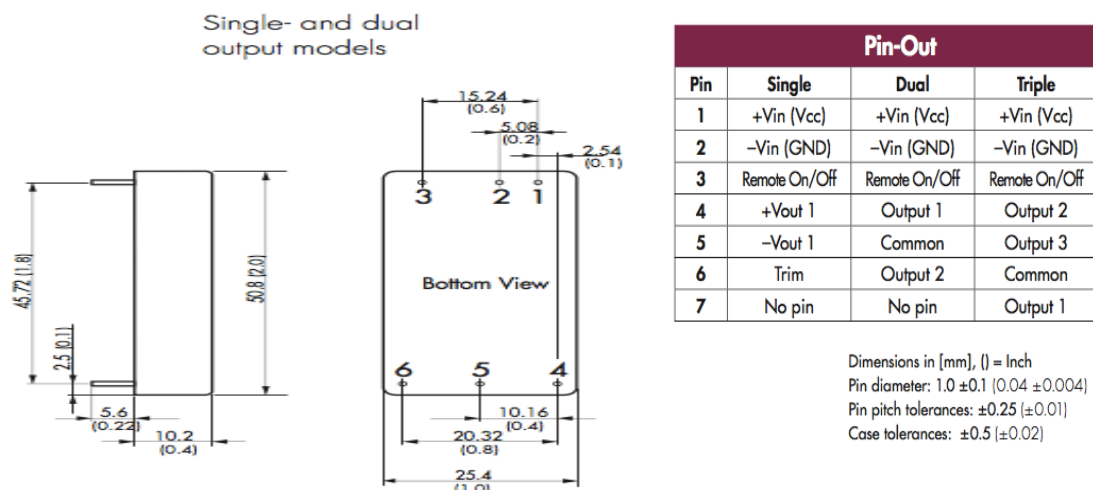


Ilustración 36. Dimensiones TEN 30-2412WIN

Fuente: Datasheet DC/DC Converters, TRACO POWER <sup>[4]</sup>

Un dato curioso de estos componentes es que han sido sometidos a pruebas de vibración y choque, según la norma MIL-STD-810F, certificando que los componentes soportarían el impacto del globo en el choque del aterrizaje del globo.

Antes de empezar con el diseño de la placa se realizó un pequeño esquema básico de conexiones, Ilustración 37.

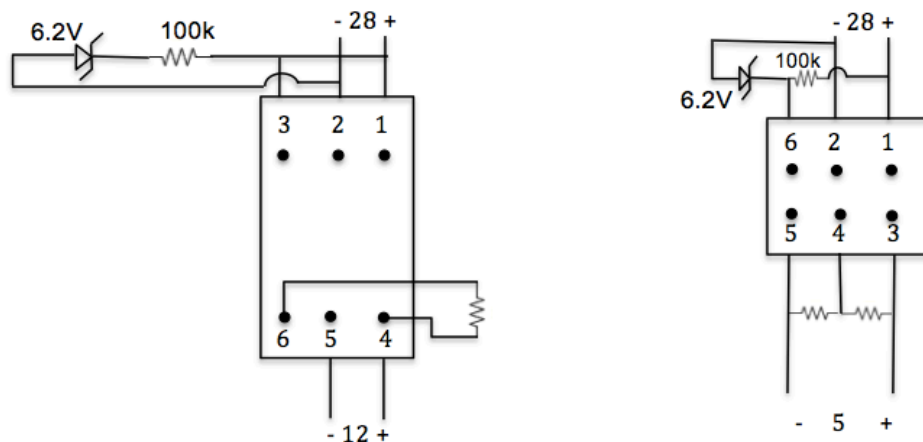


Ilustración 37. Esquemas de conexión para convertidores DC/DC

## 5.1 Diseño PCB

A continuación, se va a mostrar tanto el diseño del esquemático como el layout de la placa de potencia. Para este documento se han desarrollado de nuevo las pcbs en el programa Altium (durante el desarrollo del experimento se usó Eagle como programa de diseño de las pcbs) para poder visualizarlas en 3D y ver su aspecto, las conexiones y los componentes son los mismos que se utilizaron en la versión de diseño anterior. A la hora de elegir todos los componentes pasivos que irían en la placa había que tener en cuenta las condiciones en las que se encontrarían una vez embarcados en el globo estratosférico. Todos los documentos de los componentes que se describen a continuación se encuentran en el Anexo de este documento.



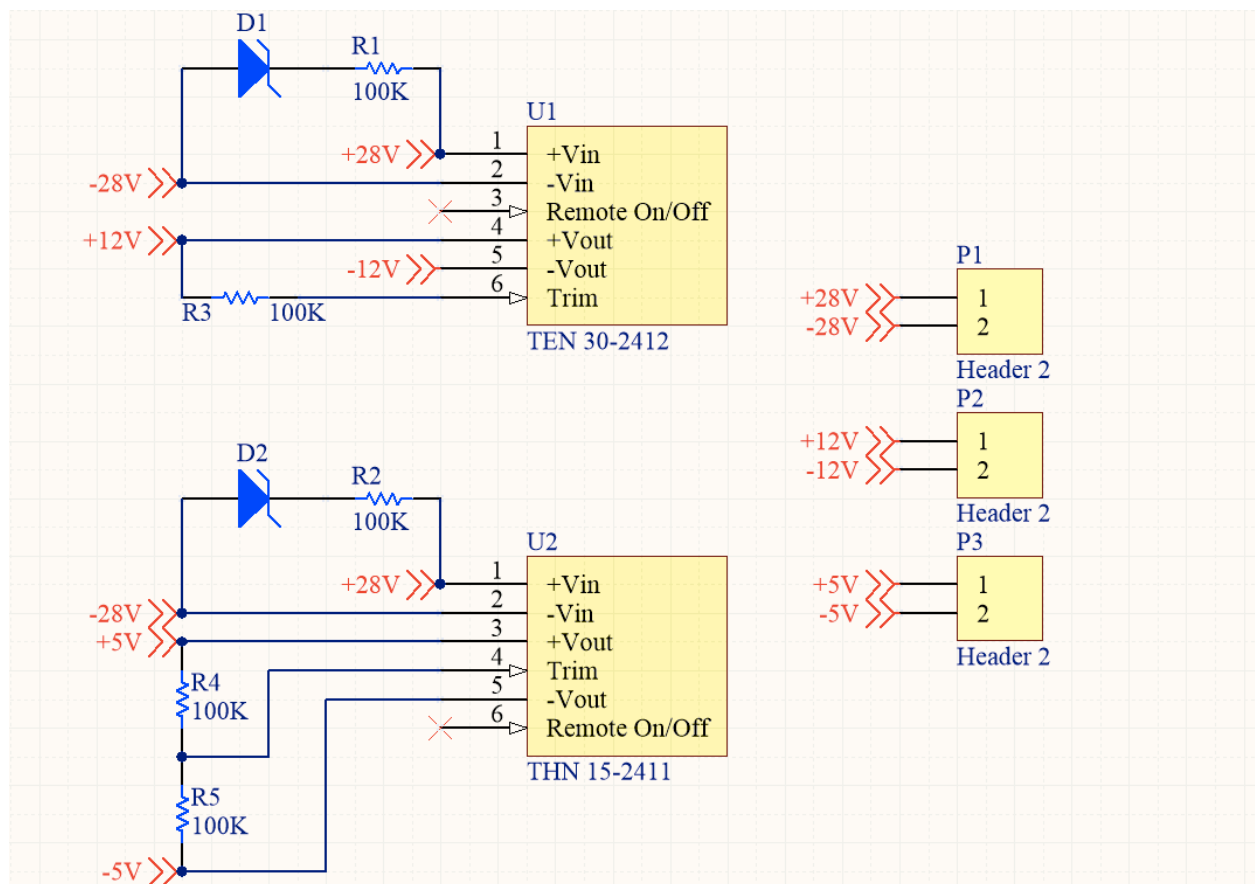


Ilustración 38. Esquemático PCB placa de potencia

Para el diseño de esta pcb se tuvo en cuenta todo lo comentado anteriormente, prestando especial atención a la restricción de tamaño y peso para introducirla sin problema dentro de la unidad central, donde se produciría la conversión de los 28V a los necesarios 12V y 5V para alimentar al concentrador y al router respectivamente. Las dimensiones de la pcb fueron 130x50 mm.

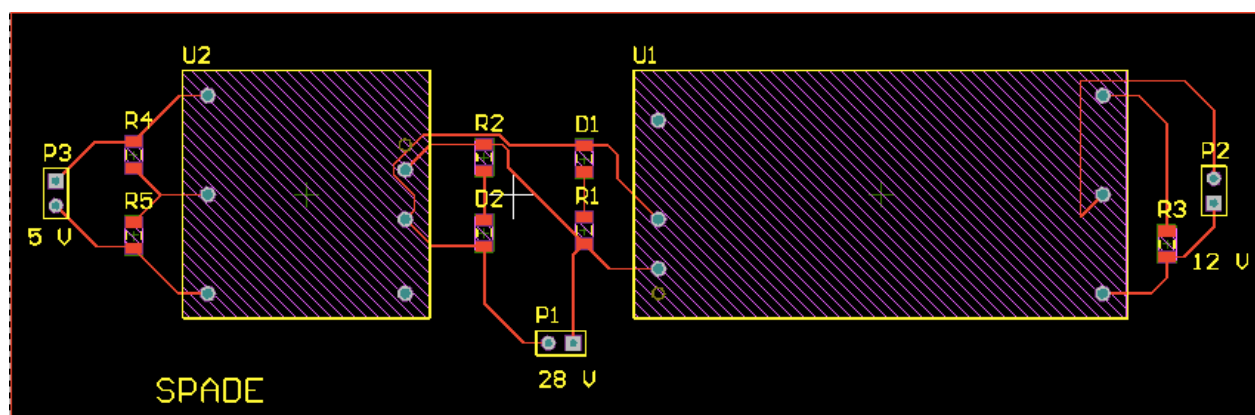


Ilustración 39. Layout PCB placa de potencia

En la placa podemos encontrar los dos convertidores DC-DC, 6 resistencias de 100kΩ para limitar la entrada del mismo, 2 diodos zener y tres conjuntos de dos pines para que los convertidores trabajaran correctamente sin que se produjera ningún tipo de fallo que hiciera que peligrara el experimento, y además conectar la salida de los convertidores con el equipo que queremos alimentar. Estos pines permitirían conectar el concentrador al convertidor que tiene la salida de 12V y el router al convertidor que tiene la salida a 5V. Además, uno de los pines serviría para que todas las pcs de cada nodo/concentrador estuvieran conectadas a la misma tierra.

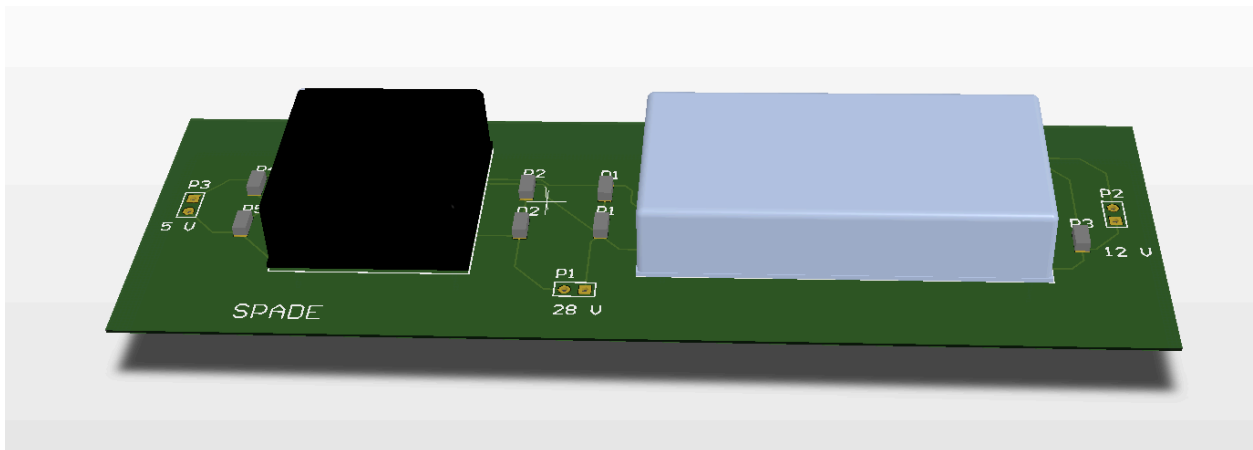


Ilustración 40. Visión 3D de la PCB de la placa de potencia

## 5.2 Proceso de fabricación

En el proceso de fabricación de las distintas PCB que se incluían en SPADE, se contó con el apoyo de los maestros de taller y las instalaciones y equipos de la Escuela Superior de Ingeniería de Sevilla.



Ilustración 41. Instalaciones y equipos

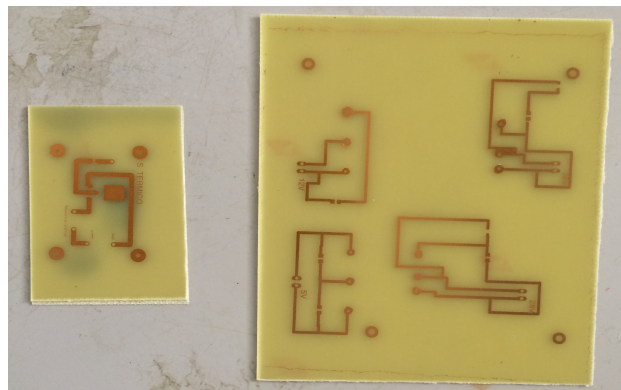


Ilustración 42. Ejemplos PCBs fabricadas para SPADE

## 6 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PLACA DEL SISTEMA TÉRMICO

---

El sistema térmico era un aspecto importante en el funcionamiento del experimento. Como se ha comentado anteriormente, el sensor de CO<sub>2</sub> y los móviles tenían una abertura al exterior, y había que mantener el calor dentro de la caja para impedir que todos los componentes fallaran debido al frío.

Para el control del sistema térmico de SPADE se utilizó un microcontrolador integrado en un Launchpad MSP430 de Texas Instrument como se muestra en la Ilustración 43. Este Launchpad se conecta a un transistor de potencia MOSFET y este a una resistencia cerámica (Ilustración 44) de 10 $\Omega$  y 11W para calentar el nodo del sensor de CO<sub>2</sub> y los dos smartphones.

El Launchpad MSP430 de Texas Instrument es una tarjeta que dispone de 20 pines y que alberga uno de los microcontroladores de 16 bits de la familia de MSP430 cuyo modelo es MSP430G2553. Las características diferenciales de este modelo son RAM de 512B, 16 kB de memoria Flash y comunicación serial UART que no posee el modelo base. Este modelo fue elegido por tener una mayor capacidad de almacenamiento Flash y memoria RAM que nos permitió ejecutar mejor el código.

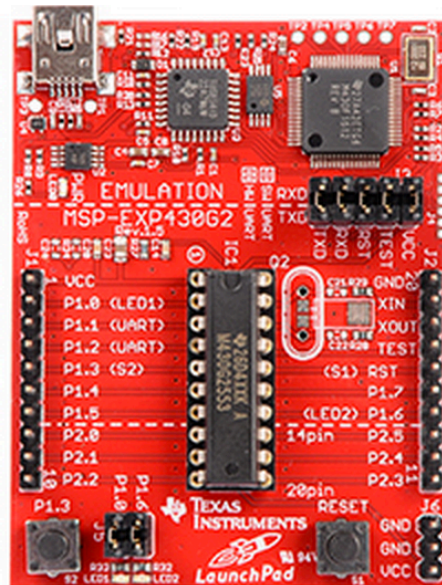


Ilustración 43. Launchpad de Texas Instrument



Ilustración 44. Resistencia cerámica

Se eligió un transistor MOSFET de tipo p (

Ilustración 45). La idea era que la temperatura interna del microcontrolador es medida con una relación con el número de periodos que tiene, así si nosotros controlábamos el número de periodos podríamos controlar la temperatura.



Ilustración 45. MOSFET

Las razones por las que se eligió este modelo fueron un coste bajo, su popularidad, que facilita su reemplazabilidad en caso de fallo o de rotura, aparte de cumplir con los requisitos técnicos necesarios para su correcto funcionamiento en la PCB. Algunas de las características que considerábamos más limitantes fueron:

- La intensidad varía levemente con la temperatura.
- El rango térmico de funcionamiento cercano a los valores límites a los que se vería afectado el experimento.

El microcontrolador se colocaba en contacto con uno de los smartphones para tener una mejor aproximación de la temperatura que tenían ambos dispositivos en cada instante. Gracias al código desarrollado, si la temperatura caía por debajo de los  $-12^{\circ}\text{C}$ , el microcontrolador enviaría un PWM (Pulse-Width Modulation) al circuito para calentar la resistencia cerámica que estaba unida a una placa metálica en contacto con ambos smartphones para distribuir mediante conducción todo el calor generado por el PWM.

Este circuito necesitó ser duplicado en la caja del sensor de  $\text{CO}_2$ , con el mismo objetivo.

Para el sistema térmico de la CU, el consumo es calculado de la siguiente forma (así se ha ajustado en el software del launchpad):

- $T^a > -10^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{Duty cycle: } 25\% \rightarrow 0\text{A}$
- $-10^{\circ}\text{C} > T^a > -25^{\circ} \rightarrow \text{Duty cycle: } 50\% \rightarrow 0.17\text{A}$
- $T^a < -25^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{Duty cycle: } 75\% \rightarrow 0.34\text{A}$

La información sobre el sistema térmico junto con el código software del mismo, se ampliará en el Trabajo de Fin de Grado de mi compañero de equipo Diego Almodóvar López.

Antes de empezar con el diseño de la placa se realizó un pequeño esquema básico de conexiones como se muestra en la

Ilustración 46.

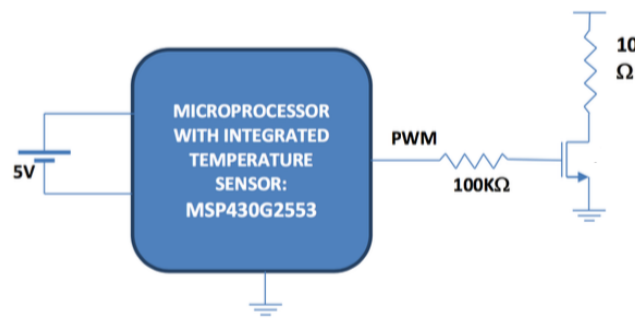


Ilustración 46. Esquema del sistema térmico

## 6.1 Diseño de la PCB

A continuación, se va a mostrar tanto el diseño del esquemático como el layout de la placa del sistema térmico. Para este documento se han desarrollado de nuevo las pcs en el programa Altium (en el desarrollo del experimento se uso Eagle como programa de diseño de las pcs) para poder visualizarlas en 3D y ver su aspecto, las conexiones y los componentes son los mismos que se utilizaron en la versión de diseño anterior. A la hora de elegir todos los componentes pasivos que irían en la placa había que tener en cuenta las condiciones en las que se encontrarían una vez embarcados en el globo estratosférico. Todos los documentos de los componentes que se describen a continuación se encuentran en el Anexo de este documento.

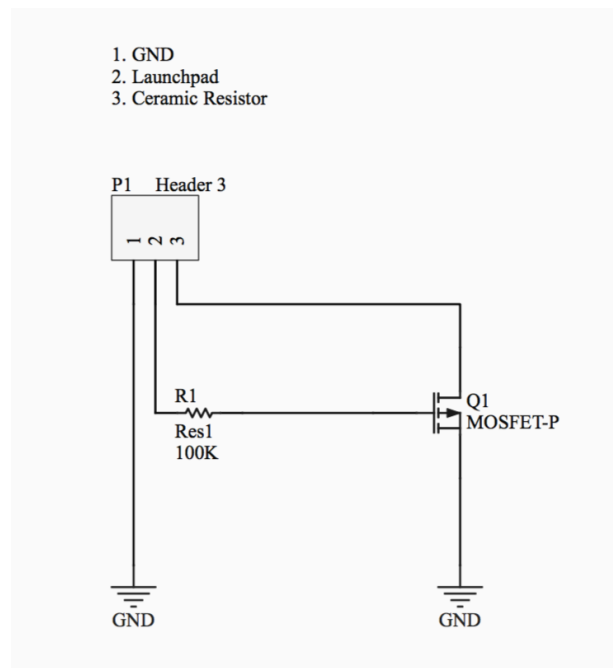


Ilustración 47. Esquemático PCB sistema térmico

Para el diseño de esta pcb se tuvo en cuenta todo lo comentado anteriormente, prestando especial atención a la restricción de tamaño y peso para introducirla sin problema dentro de los nodos y el concentrador. Por ello, al no tener una gran cantidad de componentes las dimensiones de la pcb pudieron reducirse a 30x30mm.

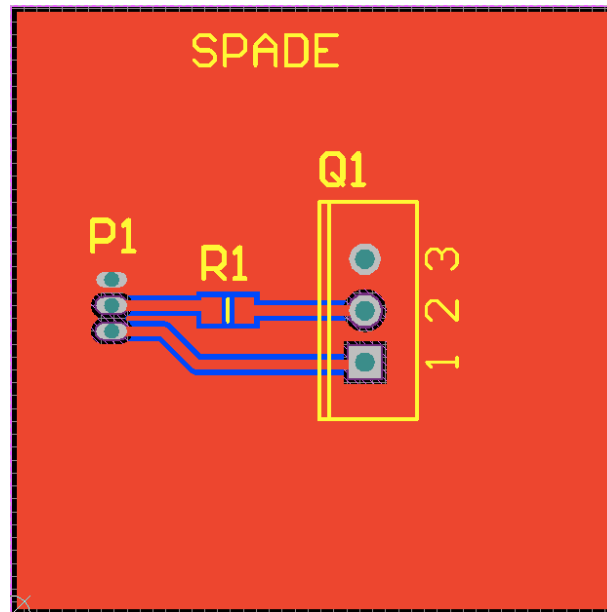


Ilustración 48. Layout PCB sistema térmico

En la placa podemos encontrar el MOSFET, la resistencia de  $100\text{k}\Omega$  para limitar la entrada del mismo y un conjunto de 3 pines. Estos pines permitirían conectar el launchpad a la pcb y la resistencia cerámica. Además, uno de los pines serviría para que todas las pcs de cada nodo/concentrador estuvieran conectadas a la misma tierra.

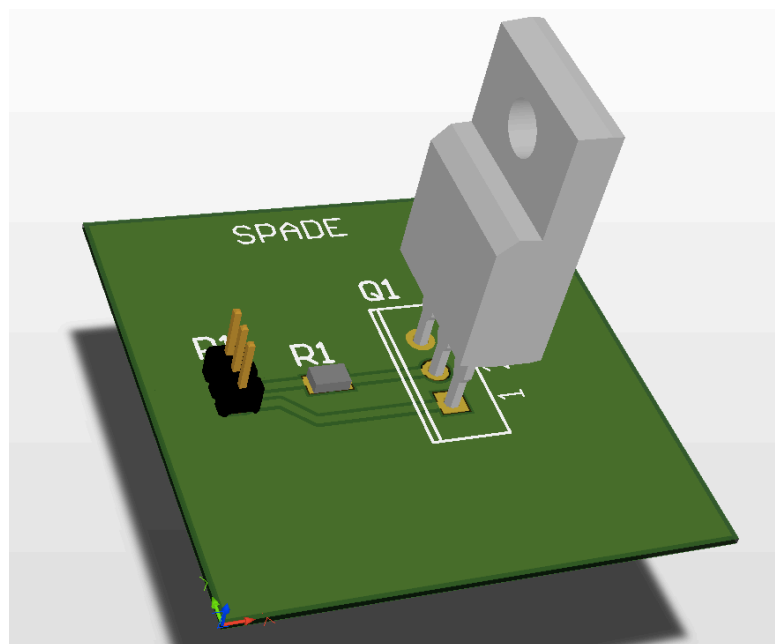


Ilustración 49. Visión 3D de la PCB del sistema térmico

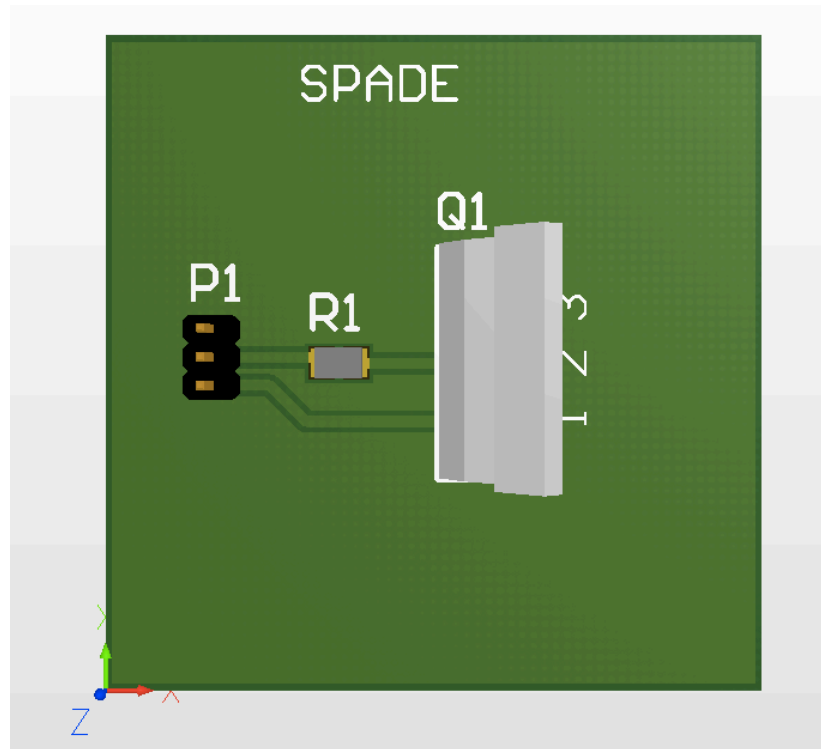


Ilustración 50. Visión 3D de la PCB del sistema térmico (Vista de planta)

## 6.2 Proceso de fabricación

El proceso de fabricación es el mismo que el que se describió en el caso del diseño de la placa de potencia de la unidad central como se ha explicado en el capítulo 5, Diseño e implementación de la placa de potencia para la unidad central.





# 7 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y POTENCIA DE SPADE (POWER SYSTEM)

---

En este capítulo, se resuelven los siguiente requisitos:

**D.1:** Las baterías de los componentes de la red de sensores deben estar calificados para su uso en las condiciones de BEXUS.

**D.2:** Las baterías de los componentes de la red de sensores deben ser recargables o tener la suficiente capacidad como para alimentar al experimento durante los tests pre-vuelo y vuelo.

Cada módulo de SPADE fue estudiado y alimentado, en consecuencia, independientemente del resto.

En cuanto a los móviles se usaron las baterías originales de los teléfonos. Esto se debe a que uno de los objetivos del experimento es estudiar su comportamiento sujeto a las condiciones que se dan en BEXUS. Se testaron estas baterías en profundidad para asegurar que fueran una buena y acertada opción.

Las baterías originales de los smartphones son:

- Standard Li-Ion 2800 mAh para el Samsung Galaxy S5.
- Standard Li-Ion 3000 mAh para el LG G3.

En condiciones normales, la duración de la batería con la cámara encendida (caso más desfavorable) del Samsung S5 es de 4h15min (con flash 2h20min) y del LG G3 es 4h10min (con flash 2h15min) \*.

\*Se debe tener en cuenta que al final los smartphones que se incluyeron en el experimento fueron dos LG G3 debido a problemas con la implementación del software del Samsung Galaxy S5.

El *router*, el *concentrador* y el *sistema térmico* de la CU son alimentados por dos baterías BEXUS con un solo conector, conectadas en paralelo para encender y garantizar el funcionamiento durante todo el vuelo del experimento. Con esta finalidad, se desarrolló una PCB de potencia, mencionada en el capítulo 5.

La estación de tierra, compuesta por un ordenador portátil (Samsung N140), utilizaba una batería Samsung AA-PB6NC6B de 5200mAh.

Cada nodo estaba alimentado por una única batería SAFT LSH 20<sup>[7]</sup>, tales como las usadas para formar el pack de baterías de 28V/1A (Baterías BEXUS). Este pack de baterías estaba compuesto por 8 baterías en serie, que juntas proporcionaban la máxima corriente de 1.8V.

En resumen, el número de baterías es:

- 3 baterías de 3.6V<sup>[7]</sup> para los *nodos*.
- 3 baterías de 9V<sup>[8]</sup> para los *sensores STHI*.
- 2 baterías de 9V<sup>[8]</sup> para el sistema térmico del sensor de CO2.
- 2 baterías de 28V (Baterías BEXUS) para el *router*, *concentrador* y sistema térmico.

Todas las baterías eran de Saft y ya estaban certificadas para las condiciones BEXUS.



Ilustración 51. Baterías de 9V de Saft <sup>[8]</sup>



Ilustración 52. Conector del sistema de potencia de la góndola

Para conectar la CU con las baterías BEXUS, se usa un tipo de conector militar <sup>[1]</sup>, MS3112E8-4P (Amphenol PT02E8-4P), tal y como se define en el manual BEXUS. Este conector se muestra en la



Ilustración 51. Baterías de 9V de Saft <sup>[8]</sup>



Ilustración 52. Conector del sistema de potencia de la góndola

. Este conector se coloca fuera de la estructura del experimento y debe tener 4 pines macho para poder conectarse a las baterías BEXUS. El conector tiene dos tipos de pines: Pin A y Pin B. El Pin A se corresponde con el polo positivo y el Pin B con el polo negativo. Este último no debe conectarse al chasis o a tierra.

## 7.1 Consumo de la Potencia de cada componente integrado en el experiment

La potencia de los nodos depende de las medidas que tomen y de la tasa de transmisión de datos. Lo mismo ocurre con los sensores. En la Tabla 10 se muestran los consumos correspondientes a los distintos componentes del experimento.

COMPONENTE	MODELO	VOLTAJE (V)	INTENSIDAD (A)	POTENCIA (W)
Concentrador	Adevice ONE GO	5	2	10
Nodo 1	Adevice ONE GO	3.6	1.8	6.5
Nodo 2	Adevice ONE GO	3.6	1.8	6.5
Nodo 3	Adevice ONE GO	3.6	1.8	6.5
Sensor 1	STHI: T <sup>a</sup>	6.5	0.035	0.2275
Sensor 2	STHI: CO2	6.5	0.035	0.2275
Sensor 3	STHI: CO2 + T <sup>a</sup>	6.5	0.035	0.2275

SD1	LG G3	3.8	0.375*	1.425*
SD2	LG G3	3.8	0.375*	1.425*
Router	DSR-250N	12	1.5	12.6
*Estos valores han sido calculados en base al caso más desfavorable de duración de la batería (8h)				

Tabla 10. Consumos de los componentes de SPADE

Para el sistema térmico de la CU, el consumo es calculado de la siguiente forma (así se ha ajustado en el software del launchpad) como se ha mencionado en el apartado 6: Diseño e implementación de la placa del sistema térmico:

- $T^a > -10^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{Duty cycle: } 25\% \rightarrow 0\text{A}$
- $-10^{\circ}\text{C} > T^a > -25^{\circ} \rightarrow \text{Duty cycle: } 50\% \rightarrow 0.17\text{A}$
- $T^a < -25^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{Duty cycle: } 75\% \rightarrow 0.34\text{A}$

Después de realizar los test de funcionamiento, el consumo máximo de cada componente se muestra en la Tabla 11.

COMPONENTE	CONSUMO (A)
Concentrador	0.4
Nodos	0.08
Sensor 1: $T^a$	0.01
Sensor 2: CO2	0.02
Sensor 3: $T^a + \text{CO2}$	0.025
Router	0.42

Tabla 11. Consumo máximo por cada componente

Las baterías de los móviles son recargables. Mientras se llevaron a cabo los test, se conectaron a una fuente de carga para mantenerlos encendidos. Para llevar a cabo esto, se utilizan cargadores inalámbricos colocados sobre los smartphones. Mientras se realizaban las pruebas pre-vuelo las baterías no se gastaban y podíamos asegurar un poco mejor la duración de las mismas durante el vuelo. Se utilizaron los cargadores inalámbricos del mismo modelo que los smartphones (LG). El modelo era WCD-100 con una capacidad de carga de 3000 mAh.



Ilustración 53. Cargador inalámbrico WCD-100

# 8 RESULTADOS Y LECCIONES APRENDIDAS

A continuación, se van a mostrar los resultados obtenidos y las lecciones aprendidas a lo largo del desarrollo del experimento y del programa REXUS/BEXUS.

Las siguientes gráficas muestran los perfiles de vuelo a los que estaba sometida la góndola que contenía a SPADE. Estos datos fueron proporcionados por los ingenieros de la agencia espacial sueca (Swedish Space Center, SSC) para ayudarnos a comprobar adecuadamente los datos obtenidos por nuestros experimentos.

En la Ilustración 54, se representa la altitud que alcanzó la góndola y el tiempo de vuelo total (aproximadamente 4h) y en la Ilustración 55, la temperatura del aire según la altitud de la góndola.

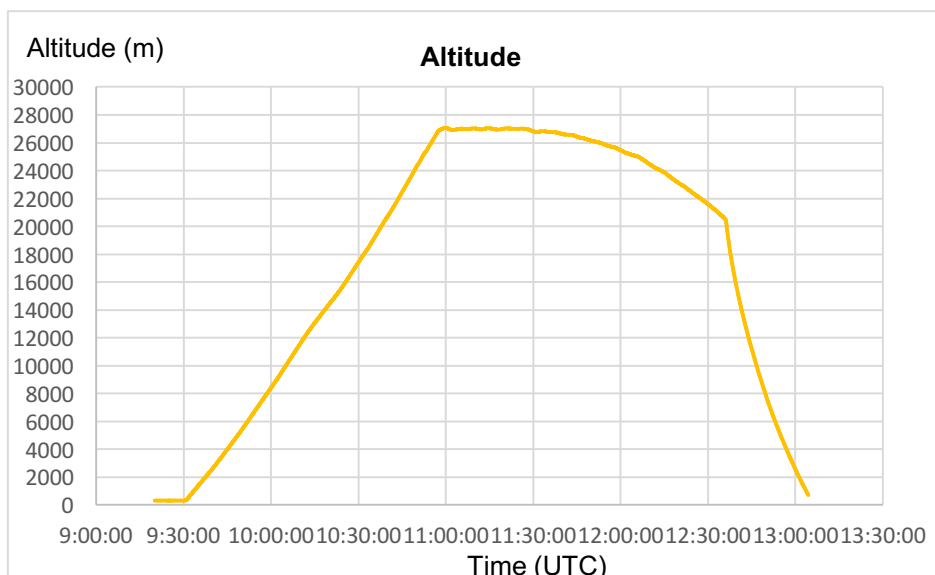


Ilustración 54. Datos de altitud durante la duración del vuelo

Fuente: Swedish Space Center, SSC

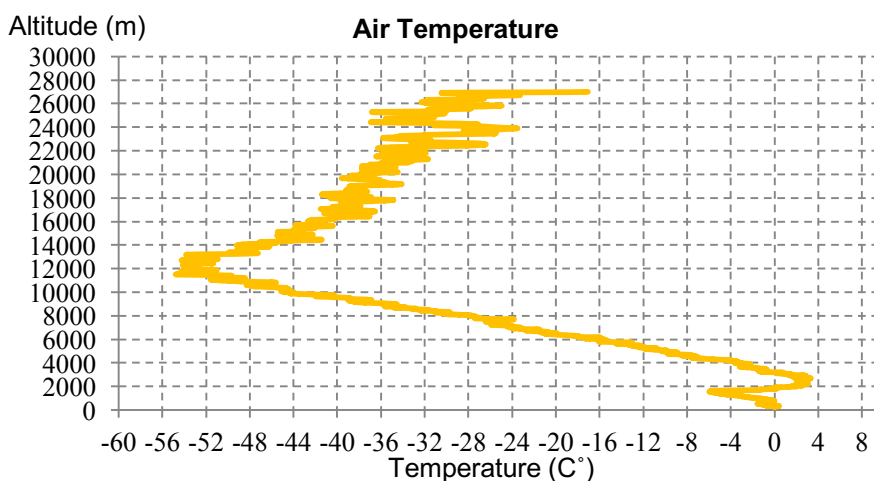


Ilustración 55. Datos de temperatura durante el vuelo

Fuente: Swedish Space Center, SSC

Un pequeño agujero en el globo causó el descenso del mismo, lo que hizo imposible mantener la góndola más tiempo a la altitud de flotación ideal ( $>25$  km). Sin embargo, se alcanzó nuestro requisito del mínimo de altitud, 20 km.

En resumen, las características generales del vuelo fueron las siguientes:

- Velocidad en ascenso: 5.00 m/s
- Altitud de flotación: 27000 m cuando se alcanzó la altura de flotación y 20500 m cuando llegó el momento de realizar el corte para iniciar el descenso.
- Duración de la flotación: 1 h 36 min 10 sec

## 8.1 Análisis de los distintos sensors

### 8.1.1 Análisis del sensor de CO<sub>2</sub>

Las medidas que se obtuvieron de este sensor se muestran en la Ilustración 56. La unidad de medida es en partes por millón (ppm), cuyo significado es equivalente a 0.000001 kilogramos por metro cúbico de aire. Actualmente, la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es de 380 ppm, por tanto, los resultados de las medidas de CO<sub>2</sub> tomadas por el sensor, muestran que presentaba un buen comportamiento.

Entre T-1H40M y T-0H40M todos los dispositivos fueron encendidos y apagados de forma intermitente para diferentes pruebas pre-lanzamiento en consecuencia no se considerarán estos valores.

A partir de T+1H20M el sensor comenzó a enviar valores '0' a causa de un problema con la conexión de la batería. La tensión comenzó a caer y el sensor paró de funcionar. Una vez recuperamos el equipo iniciamos una investigación que nos llevó a la conclusión de que había un pequeño contacto entre la antena y la caja metálica; además comprobamos un elevado consumo del launchpad. Así que la combinación de estas dos razones pudo provocar el apagado del sensor.

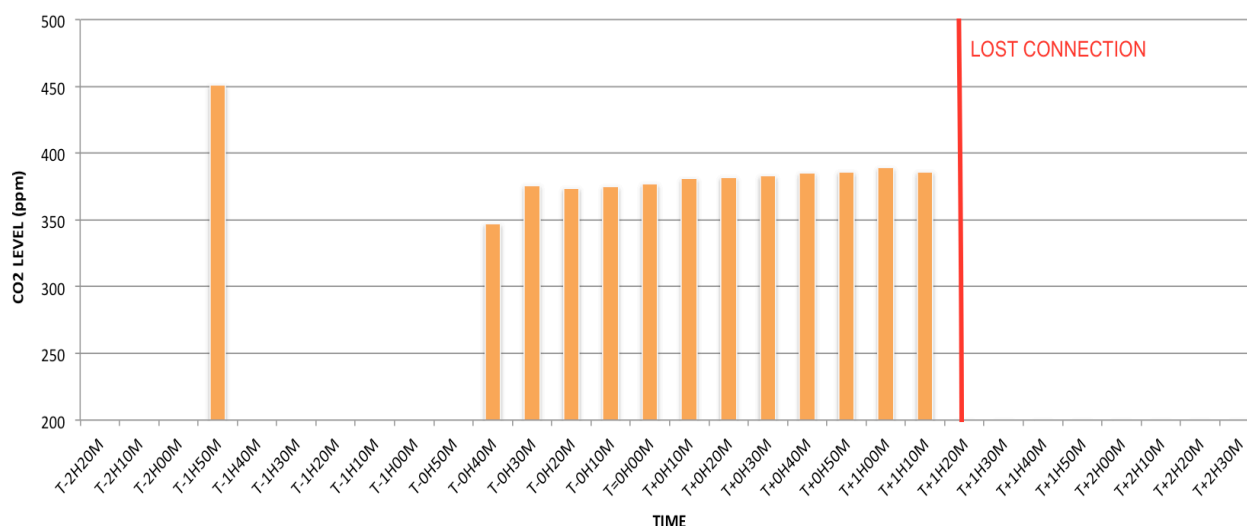


Ilustración 56. Datos recibidos del sensor de CO<sub>2</sub>

### 8.1.2 Análisis del sensor de temperatura

En la Ilustración 57 se presentan los distintos valores de temperatura recogidos a lo largo de todo el tiempo que estuvo encendido el sensor.

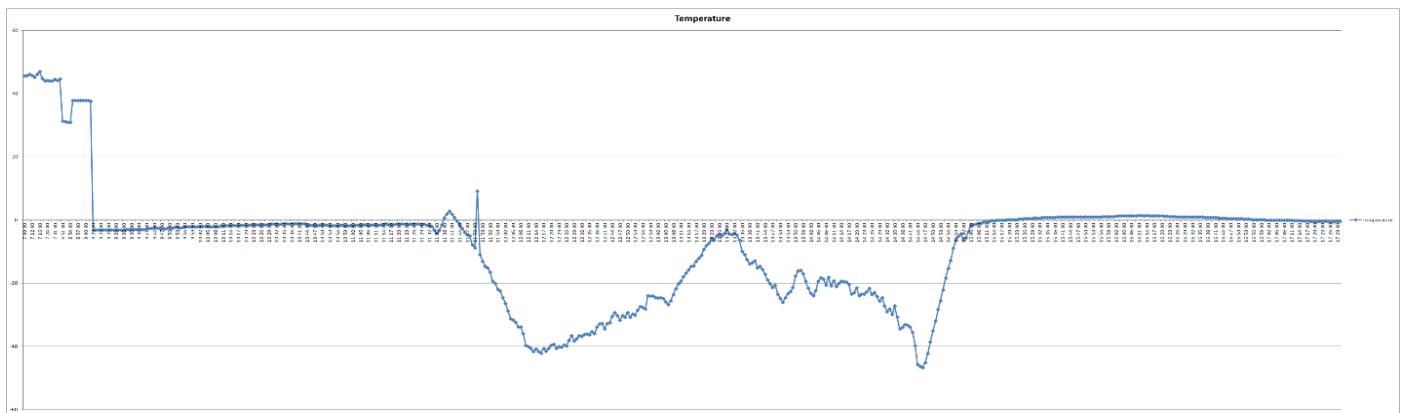


Ilustración 57. Temperatura durante toda la vida del sensor

Como se observa en la gráfica, se tienen temperaturas cercanas a 0°C durante el periodo de ascenso y parte del tiempo de vuelo, pero se observa un gran decremento de temperatura debido a la posición angular relativa al sol. Después vuelve a subir y a bajar hasta llegar a 0°C de nuevo después del aterrizaje. Esta gráfica la encontraremos en el Anexo para que se aprecien mejor los detalles de las medidas.

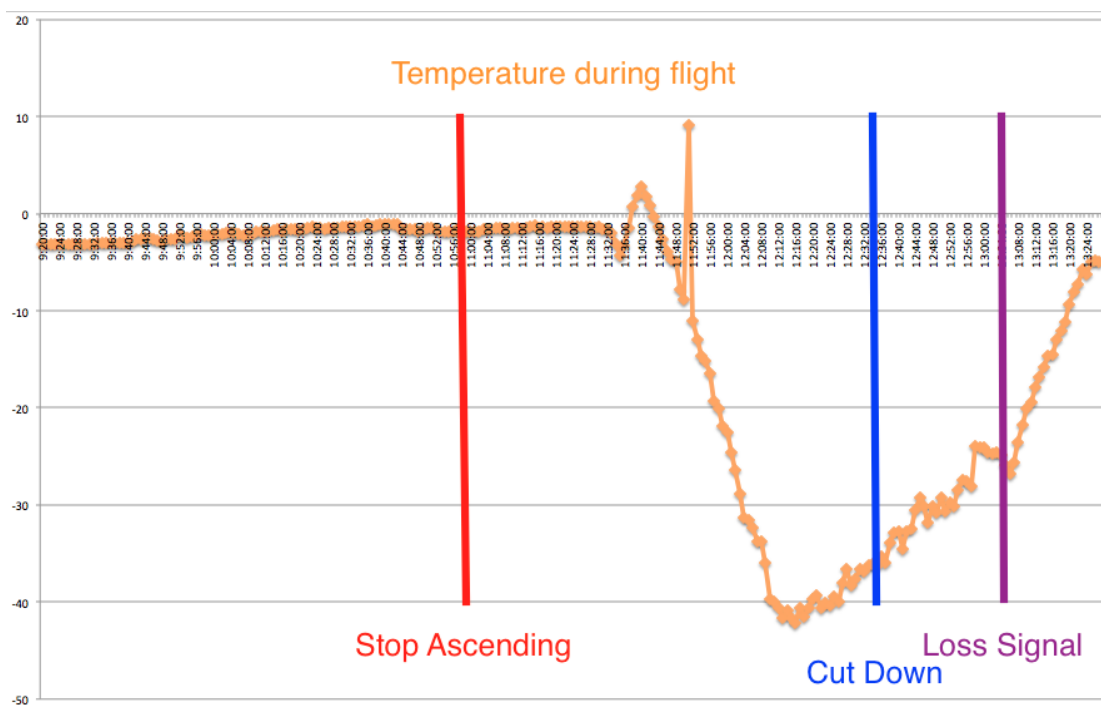


Ilustración 58. Distribución de temperaturas durante el vuelo

Esta gráfica (Ilustración 58), centra la distribución de temperaturas durante el tiempo de vuelo diferenciando las distintas partes de las que se componía la fase de vuelo. Después de cruzar datos con la cámara de nuestros compañeros de FREDE, comprobamos que nuestro sensor de temperatura apuntaba hacia el sol hasta las 11:30h, aunque la góndola diera alguna vuelta completa. No pudimos obtener el vídeo completo del vuelo, pero después de contrastar datos con otros compañeros, todos obtuvimos resultados similares de temperaturas.

Como aporte extra, las siguientes ilustraciones muestran los datos obtenidos antes del lanzamiento y después de perder la comunicación con la góndola. Estos datos se recogieron después de la recuperación del experimento.

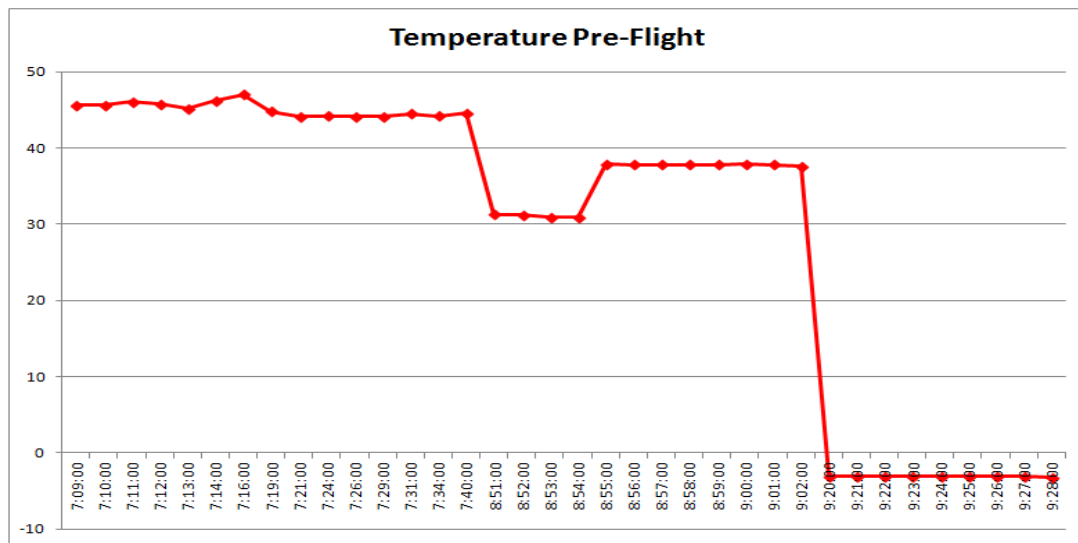


Ilustración 59. Distribución de temperaturas previa al vuelo

Esta gráfica (Ilustración 59) muestra las medidas de temperatura desde que se encendieron los sensores en la mañana del día del lanzamiento. Debido a la posición en la que apuntaba el sensor (apuntaba fuera de la góndola) y a la orientación de la góndola dentro del edificio Dome, como se muestra en la Ilustración 60, podemos asumir que las altas temperatura que presenta son debidas al calentador (marcado en la imagen) que estaba apuntando directamente al sensor. También esto concuerda con el gran decremento que sufre la temperatura hacia las 09:02h cuando la góndola salió del edificio. Así como una bajada de temperatura cuando se abrió la puerta que daba al exterior, como se apreciaba también en la Ilustración 60.



Ilustración 60. Posición de la góndola antes del lanzamiento



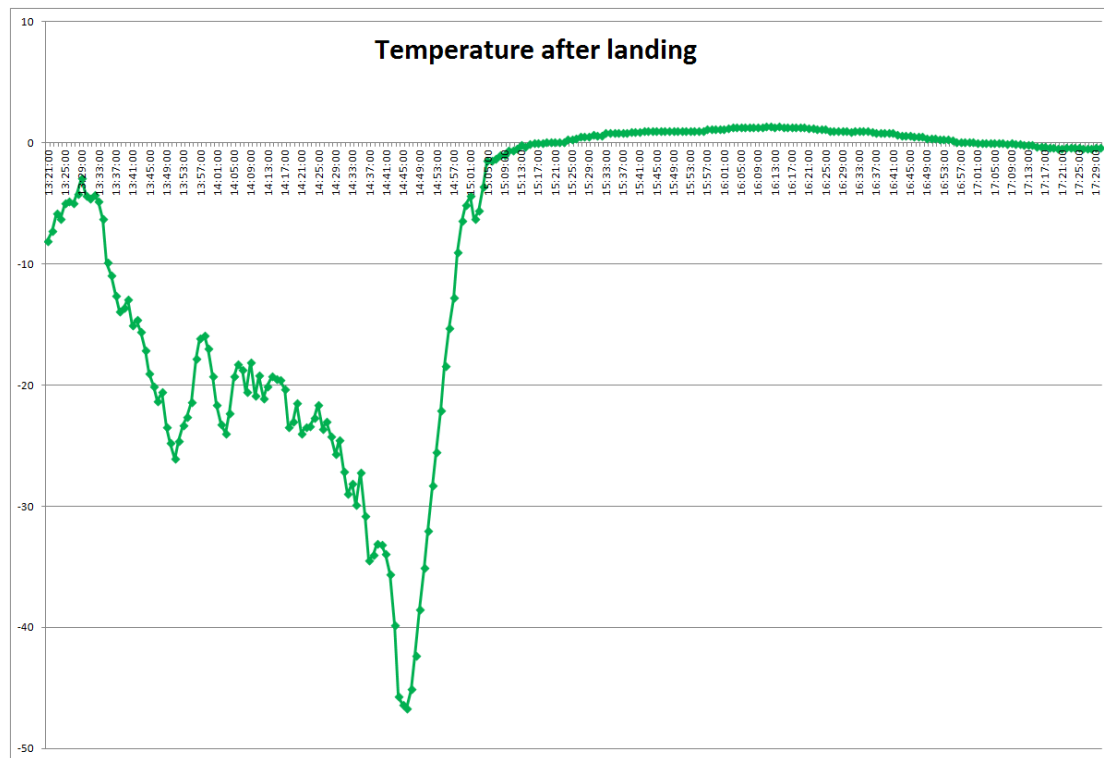


Ilustración 61. Distribución de temperaturas después del aterrizaje

En la Ilustración 61, podemos observar el decremento de la temperatura después del aterrizaje. Una de las cosas que llaman la atención, es que después de las 14:45h, el corte de la batería lleva al sensor de temperatura a marcar 0°C (o valores cercanos) hasta que la PCB de comunicación del sensor se queda sin alimentación.

### 8.1.3 Análisis del sensor de CO<sub>2</sub>+temperatura

No se obtuvieron datos de este sensor durante el vuelo debido a un problema con la conexión de la batería. Cuando se cambiaron las baterías antes de iniciar el vuelo y se cerró la carcasa el clip de la batería se abrió y no hizo buen contacto. Una vez que se revisó el experimento a la vuelta del lanzamiento se comprobó que el sensor siguiera funcionando correctamente y la respuesta fue afirmativa.

## 8.2 Lecciones aprendidas

Durante el desarrollo del programa REXUS/BEXUS todos los miembros de SPADE hemos ido adquiriendo conocimientos más allá del que correspondería a nuestra área de estudio tanto personal como técnicamente.

En cuanto a mi propia experiencia, se podrían resumir las lecciones aprendidas en los siguientes conceptos.

- Adaptación a los problemas que van surgiendo a medida que un proyecto evoluciona y búsqueda de la mejor solución posible.
- Remedio eficiente de los fallos que ya han ocurrido.
- Aceptación de los consejos y recomendaciones que se ofrecen para el desarrollo de cualquier proyecto.
- Todo puede fallar, aunque sea altamente probable que no ocurra.
- Cada área del proyecto (mecánica, sistema térmico, electrónica, software...) debe estar respaldada por más de una persona.
- Todos los miembros del equipo deben estar involucrados en el proyecto y poner de su parte para mejorar

la comunicación en el equipo.

- Es esencial tener claros los objetivos del proyecto.

En cuanto a la electrónica hay varios puntos que me gustaría destacar y mejorar de cara al futuro.

- La importancia de un buen sistema de fijación de conectores y, especialmente, del sistema de alimentación. Sin ellos, el experimento puede dejar de funcionar en cualquier momento. Si el sensor no funciona, la primera cosa que hay que hacer es comprobar la continuidad entre los conectores.
- El desafío que supone el tener que adaptar todos los subsistemas de un experimento a condiciones de espacio.
- La importancia de una buena unión de soldadura; por ello, es indispensable llevar contigo siempre un buen soldador.
- En cuanto a las baterías, el sistema de alimentación tiene que ser diseñado para cada componente y dispositivo que deba ser alimentado para su funcionamiento. También es necesario realizar un complejo estudio sobre el ciclo de vida de la batería.
- En caso de uso previo de las baterías, siempre deben ser colocadas en lugares visibles y de fácil acceso.

# REFERENCIAS

---

- [1] Manual BEXUS, REXUS/BEXUS program.
- [2] Manual sistema inalámbrico ONE GO, ADEVICE.
- [3] Manual sensores STHI, RAY Ingeniería Electrónica.
- [4] Datacheet DC/DC Converters, TRACO POWER.
- [5] Datasheet DSR-250N router, D-link.
- [6] Sistema detector SPADE, CNM Barcelona.
- [7] Primary lithium battery LSH 20, Saft.
- [8] Primary lithium battery LS 9V, Saft.

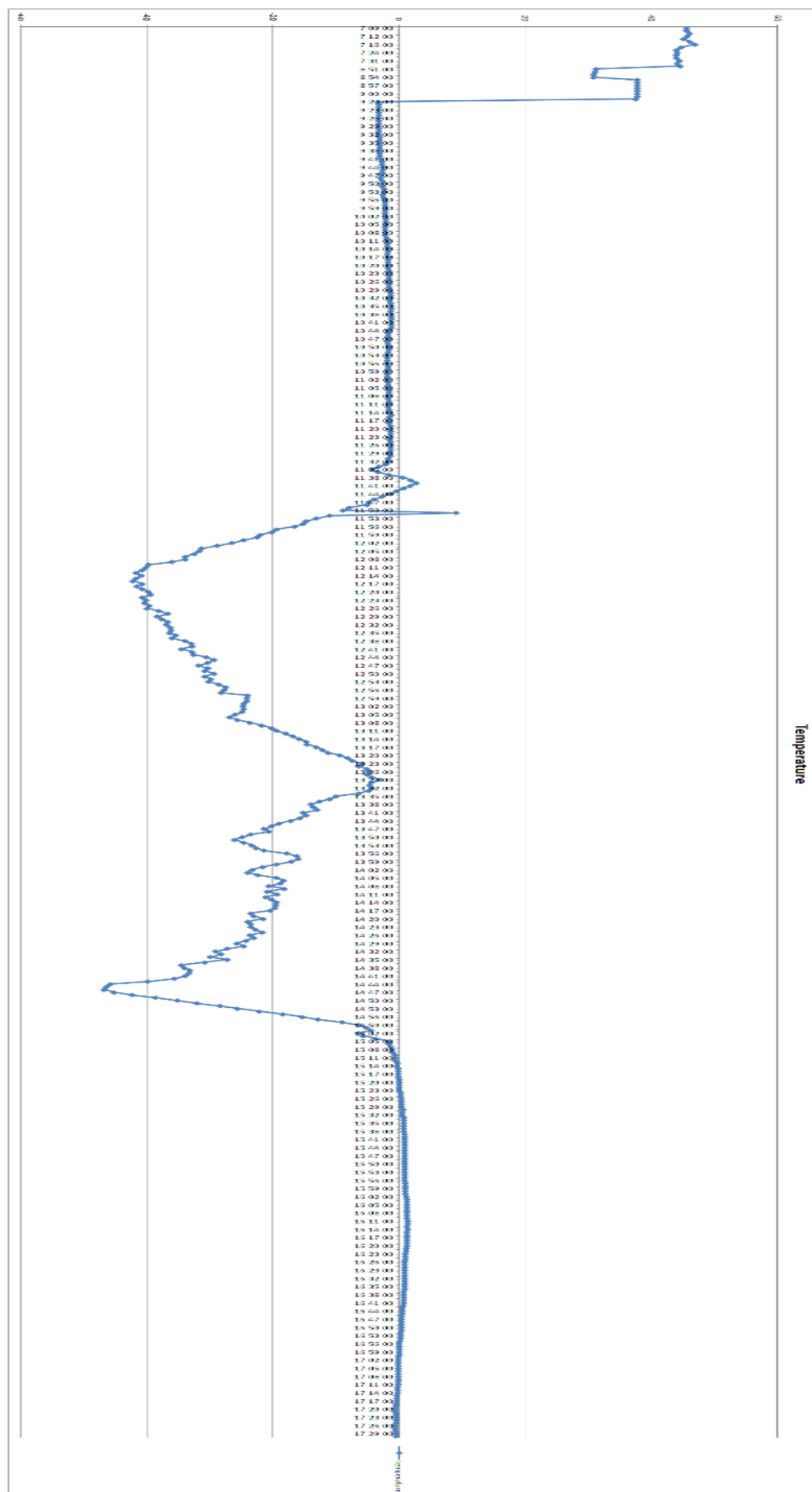


## ANEXO

---

En este anexo se van a incluir aquellas gráficas que no se aprecian en detalle en el documento por el tamaño de las mismas y los datasheets de los componentes usados en el documento. Adjunto también se incluye una memoria de costes de toda la electrónica del experimento.

**Gráfica de las medidas de temperatura durante toda la vida del sensor**



## **Memoria de costes de la electrónica de SPADE**



COMPONENTE	UNIDADES	COSTE (€/UNIDAD)	COSTE TOTAL	SPONSORS
Adevice “One Go” Sensor Node	3 + 3 repuestos	140	840	Adevice
Adevice “One Go” Concentrador	1 + 1 repuesto	285	570	Adevice
Antenas exteriores para los sensores	3 + 2 repuestos	10	50	Adevice
STHI: Sensor de temperatura	1	90,75	90,75	US
STHI: Sensor CO <sub>2</sub>	1	221,43	221,43	US
STHI: Sensor CO <sub>2</sub> + Temperatura	1	251,68	251,68	US
Samsung Galaxy S5	1 + 1 repuesto	469	938	US
LG G3 D855	1 + 1 repuesto	499	998	US
Edimax USB- Ethernet cable	2	38,06	76,12	US
Hirose: USB – Micro USB adaptador	1	12	12	US
Arduino: Micro USB Male to USB A Female Adapter	2	3,44	6,88	US
D-Link: Router DSR- 250N	1	272,69	272,69	Beca Airbus
Rotronic: Cat6 Ethernet Cable Assembly S/FTP	4	1,14	4,56	US
Transceiver MAXIM 3460ESD	1	0	0	Muestra gratuita
TRACOPOWER: Isolated DC-DC Converter Vout 5V TEN 15-2411	1	43,93	43,93	US
TRACOPOWER: Isolated DC-DC Converter Vout 12V TEN 30-2412WIN	1	68,37	68,37	US
Texas Instrument: Launchpad	2	10,11	20,22	US

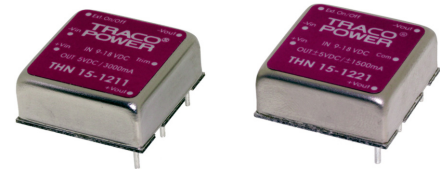
Alpha & Omega: MOSFET AOD 514	1	0,46	0,46	US
Terminal Adjustable Regulator LM317	2	1,37	2,74	US
Tantalum Capacitor	24	0,46	2,33	US
Resistor	11	0,011	0,121	US
Zener diode	2	0,196	0,392	US
PCB	5	60	60	US
Arcoelectric: Toggle switch SPST, ON- OFF	6 + 2 repuestos	4,44	35,53	US
Arcoelectric: Toggle switch protector serie 3900	6 + 2 repuestos	6,33	50,64	US
SAFT: LSH20 (3,6 V) batería	3 + 5 repuestos	11,42	91,36	SAFT
SAFT: LS 9V batería	4 + 4 repuestos	17,05	136,4	SAFT
TE Connectivity: Ethernet cable	1	14,96	14,96	US
PRESUPUESTO TOTAL ELECTRÓNICA:				4859,563 €

Tabla 12. Presupuesto electrónica de SPADE

## **Datasheets**

#### Features

- ◆ Smallest encapsulated 15W Converter!  
Ultra compact size: 1.0" x 1.0" x 0.4"
- ◆ Shielded metal case with isolated baseplate
- ◆ Wide 2:1 input ranges
- ◆ Output voltage Trim
- ◆ I/O isolation voltage 1500 VDC
- ◆ Very high efficiency up to 88%
- ◆ Operating temp. range : -40°C to +85°C
- ◆ Remote On/Off control
- ◆ Industry standard pinout
- ◆ 3-year product warranty



The THN-15 series is the latest generation of high performance dc-dc converter modules setting new standards concerning power density. This product with 15W comes in a encapsulated, shielded metal package with dimensions of only 1.0"x1.0"x 0.4" and occupies 50%(!) less board space. All models have wide 2:1 input voltage range and precisely regulated, isolated output voltages. Advanced circuit design provides high efficiency up to 88% which allows a operating temperature range of -40°C to +85°C (with derating) Further features include remote On/Off and trimmable output. Typical applications for these converters are mobile equipment, instrumentation, distributed power architectures in communication and industrial electronics and everywhere where space on PCB is critical.

#### Models

Order code	Input voltage range	Output voltage	Output current max.	Efficiency typ.
THN 15-1210	<b>9 – 18 VDC</b> (12 VDC nominal)	3.3 VDC	4'000 mA	84 %
THN 15-1211		5.0 VDC	3'000 mA	86 %
THN 15-1212		12 VDC	1'300 mA	85 %
THN 15-1213		15 VDC	1'000 mA	87 %
THN 15-1221		±5 VDC	±1'500 mA	85 %
THN 15-1222		±12 VDC	±625 mA	87 %
THN 15-1223		±15 VDC	±500 mA	88 %
THN 15-2410	<b>18 – 36 VDC</b> (24 VDC nominal)	3.3 VDC	4'000 mA	86 %
THN 15-2411		5.0 VDC	3'000 mA	86 %
THN 15-2412		12 VDC	1'300 mA	87 %
THN 15-2413		15 VDC	1'000 mA	88 %
THN 15-2421		±5 VDC	±1'500 mA	85 %
THN 15-2422		±12 VDC	±625 mA	88 %
THN 15-2423		±15 VDC	±500 mA	88 %
THN 15-4810	<b>36 – 75 VDC</b> (48 VDC nominal)	3.3 VDC	4'000 mA	86 %
THN 15-4811		5.0 VDC	3'000 mA	88 %
THN 15-4812		12 VDC	1'300 mA	88 %
THN 15-4813		15 VDC	1'000 mA	88 %
THN 15-4821		±5 VDC	±1'500 mA	85 %
THN 15-4822		±12 VDC	±625 mA	89 %
THN 15-4823		±15 VDC	±500 mA	88 %

## Input Specifications

Input current at no load	12 Vin; 3.3 VDC model:	120 mA typ.
	12 Vin 5 VDC model:	90 mA typ.
	12 Vin other models:	40 mA typ.
	24 Vin; 3.3 VDC model:	50 mA typ.
	24 Vin; 5 VDC model:	65 mA typ.
	24 Vin; other models:	20 mA typ.
	48 Vin; 3.3 & 5 VDC models:	40 mA typ.
	48 Vin; other models:	15 mA typ.
Input current at full load (nominal input)	12 Vin; 3.3 VDC model:	1370 mA typ.
	12 Vin; other models:	1550 mA typ.
	24 Vin; 3.3 VDC model:	670 mA typ.
	24 Vin; other models:	750 mA typ.
	48 Vin; 3.3 VDC model:	330 mA typ.
	48 Vin models:	380 mA typ.
Start-up voltage / under voltage shut down	12 Vin models:	9.0 VDC / 8.0 VDC
	24 Vin models:	17.0 VDC / 14.5 VDC
	48 Vin models:	33.0 VDC / 30.5 VDC
Surge voltage (100 msec. max.)	12 Vin models:	36 V max..
	24 Vin models:	50 V max.
	48 Vin models:	100 V max.
Reflected input ripple current		30 mA typ.
Conducted noise (input)		EN 55022 level A, FCC part 15, level A with external capacitor <a href="#">see application note.</a>

## Output Specifications

Voltage set accuracy		±1 %
Output voltage adj. range		±10 % only for single output models. <a href="#">see application note.</a>
Regulation	– Input variation (Vmin – Vmax)	single output models: 0.2 % max.
		dual output models: 0.5 % max.
	– Load variation (0 – 100 %)	single output models: 0.2 % max.
		dual output models balanced load: 1.0 % max.
		dual output models unbalanced load (25% /100%): 5.0 % max.
Minimum load		not required
Ripple and noise (20 MHz bandwidth)		100 mVpk-pk max. with external capacitor <a href="#">see application note.</a>
Temperature coefficient		±0.02 %/K
Output current limitation		at 150 % of Iout max., foldback
Short circuit protection		indefinite (automatic recovery)
Over voltage protection	3.3 Vout models:	3.7 – 5.4 Vout
	5 Vout models:	5.6 – 7.0 Vout
	12 Vout models:	13.5 – 19.6 Vout
	15 Vout models:	16.8 – 20.5 Vout
Start up time (nominal Vin and constant resistive load)		30 ms typ. (for power on and remote on)
Transient response setting time (25% load step chang)		250 µs typ.
Max. capacitive load	3.3 VDC models:	12'000 µF
	5 VDC models:	6'000 µF
	12 VDC models:	1'000 µF
	15 VDC models:	660 µF
	±5 VDC models:	±3'000 µF
	±12 VDC models:	±520 µF
	±15 VDC models:	±330 µF

All specifications valid at nominal input voltage, full load and +25°C after warm-up time unless otherwise stated.

## General Specifications

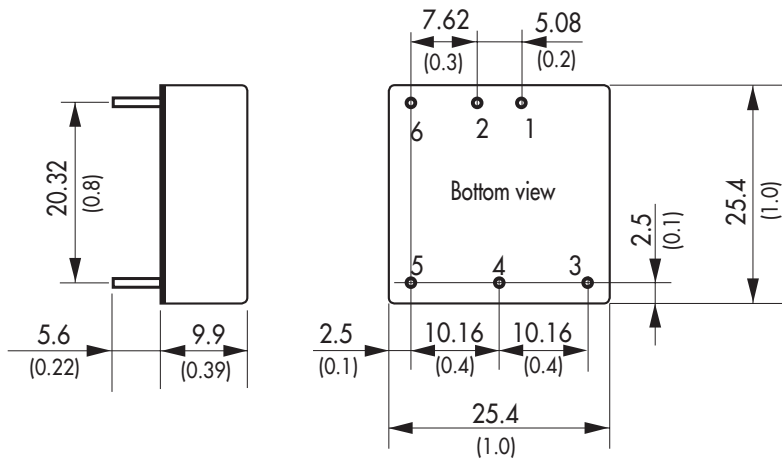
Temperature ranges	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Operating</li> <li>– Case temperature</li> <li>– Storage</li> </ul>	–40°C to +85°C (with derating) +105°C max. –55°C to +125°C
Power derating		2.8 %/K above 70°C
Thermal impedance	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Natural convection</li> <li>– Natural convection with heat-sink</li> </ul>	18.2°C/W 15.8°C/W
Humidity (non condensing)		5 % to 95 % rel H max.
Reliability, calculated MTBF (MIL-HDBK-217F, at +25°C, ground benign)		>1.6 Mio. h
Isolation voltage (60 sec.)	– Input/Output	1'500 VDC
Isolation capacitance	– Input/Output	1000 pF typ.
Isolation resistance	– Input/Output (500 VDC)	>1'000 MOhm
Remote On/Off	<ul style="list-style-type: none"> <li>– On:</li> <li>– Off:</li> <li>– Off idle current:</li> </ul>	3.0 ... 15 VDC or open circuit 0 ... 1.2 VDC or short circuit pin 6 and pin 2 2.5 mA
Switching frequency (fixed)		400 kHz typ. (pulse width modulation PWM)
Thermal shock, mechanical shock & vibration	– Test conditions	EN 61373, MIL-STD-810F <a href="http://www.tracopower.com/products/mil810.pdf">www.tracopower.com/products/mil810.pdf</a>
Safety standards		UL /cUL 60950-1, EN 60950-1, IEC 60950-1
Safety approvals	<ul style="list-style-type: none"> <li>– CB test report (IEC 60950-1)</li> <li>– UL/cUL</li> </ul>	<a href="http://www.tracopower.com/products/thn15-cb.pdf">www.tracopower.com/products/thn15-cb.pdf</a> <a href="http://www.ul.com">www.ul.com</a> -> certifications -> File e188913
Environmental compliance	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reach</li> <li>– RoHS</li> </ul>	<a href="http://www.tracopower.com/products/reach-declaration.pdf">www.tracopower.com/products/reach-declaration.pdf</a> RoHS directive 2011/65/EU

## Physical Specifications

Casing material	nickel coated copper
Baseplate	non conductive FR4
Potting material	epoxy (UL 94V-0 rated)
Weight	15 g (0.53oz)
Soldering temperature	max. 265°C / 10sec.

**Application note:** [www.tracopower.com/products/thn15-application.pdf](http://www.tracopower.com/products/thn15-application.pdf)

## Outline Dimensions



### \*Optional versions:

- without remote and trim pins add suffix **-B** (e.g. THN 15-2412-B)
- without remote pin add suffix **-B1** (e.g. THN 15-1211-B1)
- without trim pin add suffix **-B2** (e.g. THN 15-2413-B2)

## Pin-Out

Pin	Single	Dual
1	+Vin (Vcc)	+Vin (Vcc)
2	-Vin (GND)	-Vin (GND)
3	+ Vout	+ Vout
4	Trim	Common
5	-Vout	-Vout
6	Remote On/Off	

Dimensions in [mm], ( ) = Inch  
 Pin diameter  $\varnothing$  1.0 (0.04)  
 Pin pitch tolerances:  $\pm 0.25$  ( $\pm 0.01$ )  
 Tolerances:  $\pm 0.5$  ( $\pm 0.02$ )

## Heat-Sink (Option)

### Order code: THN-HS1

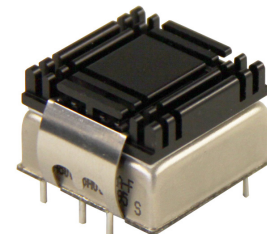
(cont.: heat-sink, thermal pad, 2 clamps)

**Material:** Aluminum

**Finish:** Anodic treatment (black)

**Weight:** 8 g (0.28oz) without converter

Thermal impedance after assembling: 15.8 K/W

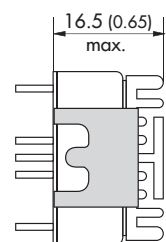
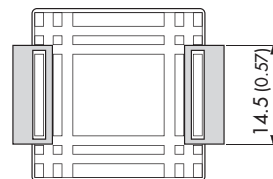
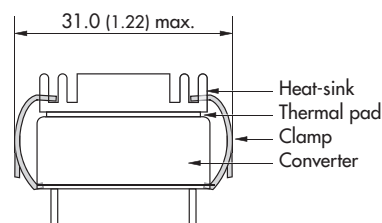


### Note:

The product label on converter has to be removed before mounting the heat-sink.

For volume orders converters will be supplied with heat-sink already mounted. Please contact factory for quotation.

Separate heat-sinks are only available for prototypes and small quantity orders.



Dimensions in mm, ( ) = Inch

Specifications can be changed without notice! Make sure you are using the latest documentation, downloadable at [www.tracopower.com](http://www.tracopower.com)

#### Features

- ◆ Smallest encapsulated 30 W converter
- ◆ 2" x 1" x 0.4" shielded metal package
- ◆ Ultra wide 4:1 input voltage range
- ◆ Single- dual- and triple output models
- ◆ Very high efficiency up to 91%
- ◆ Operating temp. range -40°C to +75°C
- ◆ I/O isolation 1500 VDC
- ◆ Over temperature and short circuit protection
- ◆ Remote On/Off
- ◆ Adjustable output voltage
- ◆ 3-year product warranty



The TEN 30WIN series is a family of high performance 30W dc-dc converter modules featuring ultra wide 4:1 input voltage ranges in a compact low profile case with industry-standard footprint. Standard features include remote On/Off, output voltage trimming, over voltage protection, under voltage lockout, over temperature and short circuit protection.

Typical applications for these products are battery operated equipment and distributed power architectures in communication and industrial electronics, everywhere where isolated, tightly regulated voltages are required and space is limited on the PCB.

#### Models

Order code	Input voltage range	Output 1	Output 2	Output 3	Efficiency typ.
TEN 30-2407WIN	9 – 36 VDC (24 VDC nominal)	1.5 VDC / 8.5 A			80 %
TEN 30-2409WIN		2.5 VDC / 8.0 A			83 %
TEN 30-2410WIN		3.3 VDC / 7.5 A			86 %
TEN 30-2411WIN		5.1 VDC / 6.0 A			88 %
TEN 30-2412WIN		12 VDC / 2.5 A			89 %
TEN 30-2413WIN		15 VDC / 2.0 A			89 %
TEN 30-2421WIN		+ 5 VDC / 3.0 A	-5 VDC / 3.0 A		88 %
TEN 30-2422WIN		+12 VDC / 1.25 A	-12 VDC / 1.25 A		87 %
TEN 30-2423WIN		+15 VDC / 1.0 A	-15 VDC / 1.0 A		87 %
TEN 30-2433WIN		3.3 VDC / 5.0 A	+12 VDC / 0.42 A	-12 VDC / 0.42 A	86 %
TEN 30-2434WIN		3.3 VDC / 5.0 A	+15 VDC / 0.33 A	-15 VDC / 0.33 A	86 %
TEN 30-2431WIN		5 VDC / 4.0 A	+12 VDC / 0.42 A	-12 VDC / 0.42 A	88 %
TEN 30-2432WIN		5 VDC / 4.0 A	+15 VDC / 0.33 A	-15 VDC / 0.33 A	88 %
TEN 30-4807WIN	18 – 75 VDC (48 VDC nominal)	1.5 VDC / 8.5 A			80 %
TEN 30-4809WIN		2.5 VDC / 8.0 A			84 %
TEN 30-4810WIN		3.3 VDC / 7.5 A			86 %
TEN 30-4811WIN		5.1 VDC / 6.0 A			88 %
TEN 30-4812WIN		12 VDC / 2.5 A			90 %
TEN 30-4813WIN		15 VDC / 2.0 A			91 %
TEN 30-4821WIN		+ 5 VDC / 3.0 A	-5 VDC / 3.0 A		88 %
TEN 30-4822WIN		+12 VDC / 1.25 A	-12 VDC / 1.25 A		88 %
TEN 30-4823WIN		+15 VDC / 1.0 A	-15 VDC / 1.0 A		88 %
TEN 30-4833WIN		3.3 VDC / 5.0 A	+12 VDC / 0.42 A	-12 VDC / 0.42 A	86 %
TEN 30-4834WIN		3.3 VDC / 5.0 A	+15 VDC / 0.33 A	-15 VDC / 0.33 A	86 %
TEN 30-4831WIN		5 VDC / 4.0 A	+12 VDC / 0.42 A	-12 VDC / 0.42 A	88 %
TEN 30-4832WIN		5 VDC / 4.0 A	+15 VDC / 0.33 A	-15 VDC / 0.33 A	88 %



## Input Specifications

Input current at no load (nominal input)	12 & 15 VDC / $\pm 12$ & $\pm 15$ VDC models, 24 V: other models, 24 V: $\pm 12$ & $\pm 15$ V models, 48 V: other models, 48 V:	30 mA typ. 100 mA typ. 15 mA typ. 55 mA typ.
Input current at full load (nominal input)	1.5 VDC model, 24 V: 2.5 VDC model, 24 V: 3.3 VDC model, 24 V: other models, 24 V: 1.5 VDC model, 48 V: 2.5 VDC model, 48 V: 3.3 VDC model, 48 V: other models, 48 V:	700 mA typ. 1050 mA typ. 1250 mA typ. 1500 mA typ. 350 mA typ. 520 mA typ. 630 mA typ. 750 mA typ.
Start-up voltage / under voltage lockout	24 V models: 48 V models:	9 VDC / 8 VDC (typ.) 18 VDC / 16 VDC (typ.)
Surge voltage (100 msec. max.)	24 V models: 48 V models:	50 VDC max. 100 VDC max
Conducted noise (input)	24 V models: 48 V models:	EN 55022 class A with input capacitor 4.7 $\mu$ F / 50 V 1812 MLCC 2.2 $\mu$ F / 100 V 1812 MLCC

## Output Specifications

Voltage set accuracy		$\pm 1$ % ( $\pm 5$ % for auxiliary outputs)
Output voltage adjustment (only for single output models)		$\pm 10$ % with external resistor (see page 3)
Regulation	– Input variation      single- and dual output models: triple output models: – Load variation      single output models: dual output models balanced load: dual output models unbalanced load: triple output models (main/auxiliary):	0.2 % max. 1 % / 5 % max. (main / auxiliary) 0.5 % max. (0 – 100 %) 1 % max. (0 – 100 %) 5 % max. (25 / 100 %) 1 % max. / 5 % max. (10 – 100 %)
Minimum load	single- and dual output models: triple output models:	not required 10% of rated max current on each output (operation at lower load condition will not damage the converters. However, they may not meet all listed specifications)
Temperature coefficient		$\pm 0.02$ %/K max.
Ripple and noise (20 MHz Bandwidth)	1.5 V – 5.1 VDC models: triple output models: other models:	100 mVpk-pk. typ. 50 / 75 mVpk-pk typ. (main / auxiliary) 150 mVpk-pk typ.
Start up time (nominal Vin and constant resistive load)		30 ms typ.
Transient response time (25% load change)		250 $\mu$ s typ.
Short circuit protection		indefinite (automatic recovery)
Over load protection		150 % of lout max. typ.
Thermal shutdown		at +115°C typ.
Over voltage protection	1.5 VDC models: 2.5 VDC models: 3.3 VDC models: 5.1 VDC models: 12 VDC models: 15 VDC models:	2.0 V 3.3 V 3.9 V 6.2 V 15 V 18 V
Capacitive load output models	1.5 – 3.3 VDC models: 5.1 VDC models: 12 & 15 VDC models: $\pm 5$ VDC models: other dual output models: 3.3 VDC triple output models: 5.1 VDC triple output models:	20'000 $\mu$ F max. 14'000 $\mu$ F max. 2'000 $\mu$ F max. $\pm 3$ '000 $\mu$ F max. $\pm 1$ '300 $\mu$ F max. 15'000 / $\pm 220$ $\mu$ F max. (main / auxiliary) 8'000 / $\pm 220$ $\mu$ F max. (main / auxiliary)

All specifications valid at nominal input voltage, full load and +25°C after warm-up time unless otherwise stated.

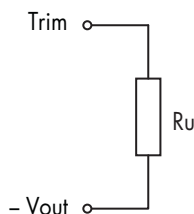
## General Specifications

Temperature ranges	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Operating</li> <li>– Case temperature</li> <li>– Storage</li> </ul>	–40°C to +75°C +105°C max. –55°C to +125°C
Derating		3.5 %/K above +60°C
Humidity (non condensing)		95 % rel. H max.
Thermal inpedance	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Natural convection</li> <li>– Natural convection with heat sink</li> </ul>	12°C/W 10°C/W
Reliability, calculated MTBF (MIL-HDBK-217F, at +70°C, ground benign)	single- and dual output models: triple output models:	1.2 Mio. h 1.1 Mio. h
Isolation voltage (60 sec.)	– Input / Output	1500 VDC
Isolation resistance	– Input / Output	>1000 M Ohm
Isolation capacitance	– Input / Output	1500 pF max.
Remote On/Off	<ul style="list-style-type: none"> <li>– On:</li> <li>– Off:</li> <li>– Off idle current:</li> </ul>	3.0 to 12 VDC or open circuit. 0 to 1.2 VDC or short circuit pin 3 and pin 2 3 mA max.
Switching frequency (pulse width modulation PWM)	single- and dual output models: triple output models:	430 kHz typ. 400 kHz typ.
Thermal shock, mechanical shock & vibration	– Test conditions	EN 61373, MIL-STD-810F <a href="http://www.tracopower.com/products/mil810.pdf">www.tracopower.com/products/mil810.pdf</a>
Safety standards		UL 60950-1, IEC/EN 60950-1
Safety approvals	– UL/cUL	<a href="http://www.ul.com">www.ul.com</a> -> certifications -> File e188913

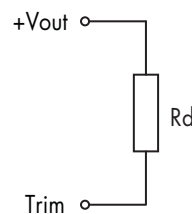
**Application note:** [www.tracopower.com/products/ten30win-application.pdf](http://www.tracopower.com/products/ten30win-application.pdf)

## Output Voltage Adjustment (for single output models only)

### Trim up



### Trim down



Nominal output voltage at open Trim input!

#### Ru [kohm]

output	1.5	2.5	3.3V	5.1V	12V	15V
+5%	0.56	4.3	6.8	5.1	43	47
+10%	0.051	0.33	0.75	0.75	4.3	1.8

#### Rd [kohm]

output	1.5	2.5	3.3V	5.1V	12V	15V
–5%	0.68	6.2	8.2	6.2	56	56
–10%	0.062	0.75	0.62	0.82	5.6	2.2

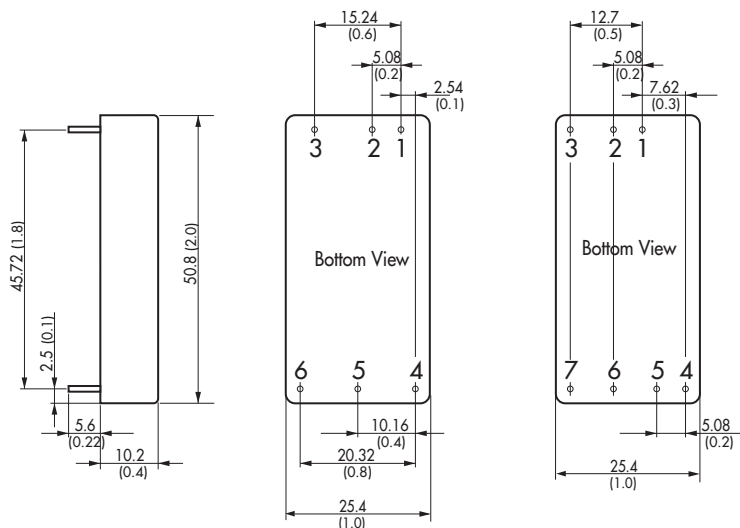
## Physical Specifications

Casing material	copper, nickel plated
Baseplate material	none conductive FR4
Potting material	epoxy (UL 94V-0 -rated)
Weight	31 g (1.1oz)
Soldering temperature	max. 265°C / 10 sec.
Environmental compliance	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reach</li> <li>– RoHS</li> </ul> <a href="http://www.tracopower.com/products/reach-declaration.pdf">www.tracopower.com/products/reach-declaration.pdf</a> RoHS Directive 2011/65/EU

## Outline Dimensions

Single- and dual  
output models

Triple output  
models



### Pin-Out

Pin	Single	Dual	Triple
1	+Vin (Vcc)	+Vin (Vcc)	+Vin (Vcc)
2	-Vin (GND)	-Vin (GND)	-Vin (GND)
3	Remote On/Off	Remote On/Off	Remote On/Off
4	+Vout 1	Output 1	Output 2
5	-Vout 1	Common	Output 3
6	Trim	Output 2	Common
7	No pin	No pin	Output 1

Dimensions in [mm], ( ) = Inch  
Pin diameter:  $1.0 \pm 0.1$  ( $0.04 \pm 0.004$ )  
Pin pitch tolerances:  $\pm 0.25$  ( $\pm 0.01$ )  
Case tolerances:  $\pm 0.5$  ( $\pm 0.02$ )

## Heat-Sink (Option)

**Order code:** TEN-HS1

(cont.: heat-sink, thermal pad, 2 clamps)

**Material:** Aluminum

**Finish:** Anodic treatment (black)

**Weight:** 17g (0.60oz) without converter

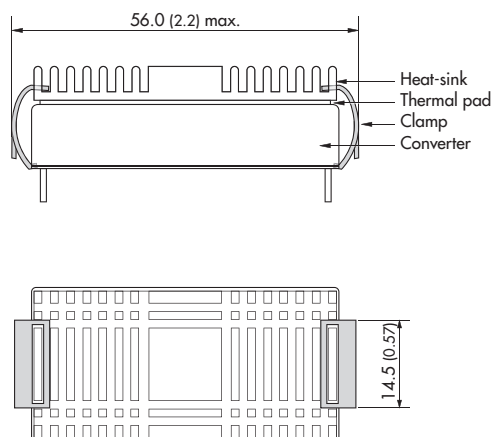
Thermal impedance after assembling: 10 K/W



### Note:

Before attaching the heatsink, the product label on converter has to be removed for optimal performance.

For volume orders we can supply the converters with heatsink already mounted. Please contact us for a relative quotation.



Specifications can be changed without notice! Make sure you are using the latest documentation, downloadable at [www.tracopower.com](http://www.tracopower.com)



## Product Highlights

Cost effective multi-function network solution ideal for small businesses

High speed router with integrated VPN tunnel support for secure network access from a remote location

Policy based service management allows for easy configuration of firewall rules

Available failover and load balancing for maximum productivity, uptime and performance<sup>2</sup>



DSR-150/150N/250/250N/500/500N

## Unified Services Routers

### Features

#### Comprehensive VPN Support

- Protocols
  - IPSec
  - PPTP
  - L2TP
  - SSL
- VPN Tunnels
  - Up to 20 (DSR-150/150N)
  - Up to 50 (DSR-250/250N)
  - Up to 60 (DSR-500/500N)
- SSL VPN tunnels
  - Up to 1 (DSR-150/150N)
  - Up to 5 (DSR-250/250N)
  - Up to 10 (DSR-500/500N)
- DES, 3DES, AES Encryption
- Main/Aggressive Negotiation

#### Wireless Access and Security<sup>1</sup>

- IEEE 802.11b/g/n (2.4 GHz)
- IEEE 802.1x RADIUS Authentication with EAP-TLS, EAP-TTLS, EAP-PEAP
- WPS, WEP, WPA-PSK, WPA-EAP, WPA2-PSK, WPA2-EAP

D-Link Unified Services Routers are secure, high performance networking solutions that address the growing needs of small and medium businesses. The integrated high-speed IEEE 802.11n wireless technology in the DSR-150N, DSR-250N and DSR-500N routers offers comparable performance to traditional wired networks, but with fewer limitations. Each router provides optimal network security via features such as Virtual Private Network (VPN) tunnels, IP Security (IPSec), Point-to-Point Tunneling Protocol (PPTP), Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP), and Secure Sockets Layer (SSL). These routers also allow you to empower your road warriors with clientless remote access anywhere and anytime using SSL VPN tunnels.

### Reliable Internet Connectivity

The DSR-500/500N include dual-WAN Gigabit Ethernet ports that provide policy-based service management to ensure maximum productivity for your business operations. The failover feature maintains data traffic without disconnecting when a landline connection is lost. The Outbound Load Balancing feature adjusts outgoing traffic across two WAN interfaces and optimizes system performance, resulting in high availability. The second WAN port can be configured as a DMZ port, allowing you to isolate servers from your LAN.

### Superior Wireless Performance

Designed to deliver superior wireless performance, the DSR-150N, DSR-250N and DSR-500N include 802.11b/g/n support allowing for operation on the 2.4 GHz wireless LAN radio band. Multiple In Multiple Out (MIMO) technology allows the DSR-150N, DSR-250N and DSR-500N to provide high data rates and a wide wireless coverage area with minimized "dead spots."

### Enhanced Network Services

- IPv6
- DHCP Server/ Relay
- Dynamic DNS
- IEEE 802.1q VLAN
- Multiple SSIDs
- SSID-to-VLAN Mapping

### Content Filtering

- Static URL Address Filtering
- Keyword Filtering

### Fault Tolerance<sup>2</sup>

- WAN Traffic Failover
- Outbound Load Balancing

### DSR-150/150N

- 8 Fast Ethernet LAN Ports
- 1 Fast Ethernet WAN Port
- USB 2.0 Port
- IEEE 802.11b/g/n wireless LAN - 2.4 GHz (DSR-150N)

### DSR-250/250N

- 8 Gigabit LAN Ports
- 1 Gigabit WAN Port
- USB 2.0 Port
- IEEE 802.11 b/g/n wireless LAN - 2.4 GHz (DSR-250N)

### DSR-500/500N

- 4 Gigabit Ethernet LAN Ports
- 2 Gigabit Ethernet WAN Ports
- USB 2.0 Port
- IEEE 802.11b/g/n wireless LAN - 2.4 GHz (DSR-500N)

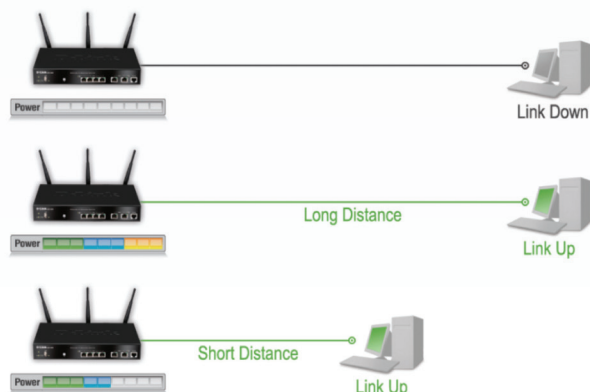
### Robust VPN Features

A full featured virtual private network (VPN) provides your mobile workers and branch offices with a secure link to your internal network. The DSR-150/150N, DSR-250/250N and DSR-500/500N are capable of simultaneously managing 1, 5 or 10 Secure Sockets Layer (SSL) VPN tunnels respectively, empowering your mobile users by providing remote access to a central corporate network. Site-to-site VPN tunnels use IP Security (IPSec) Protocol, Point-to-Point Tunneling Protocol (PPTP), or Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP) to facilitate branch office connectivity through encrypted virtual links. The DSR-150/150N supports up to 10 simultaneous VPN tunnels, the DSR-250/250N supports up to 25 simultaneous VPN tunnels, and the DSR-500/500N supports up to 35 VPN tunnels.

### Efficient Green Technology

As a responsible member of the global community, D-Link is devoted to providing eco-friendly products. D-Link Green Wi-Fi and D-Link Green Ethernet features save power and help cut energy costs. The D-Link Green WLAN Scheduler shuts down your wireless network automatically according to a schedule you define, allowing you to turn off your wireless network during off-peak hours, saving energy and keeping your network secure. The D-Link Green Ethernet feature can detect the length of the cables connected to the router and can adjust power usage accordingly to save energy automatically without sacrificing performance. It can also detect if a link is down on a port and automatically puts that port into a sleep mode, reducing the amount of power used. In addition, compliance with RoHS (Restriction of Hazardous Substances) and WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) directives make D-Link Green certified devices an environmentally responsible choice.

### Green Ethernet



D-Link Green Ethernet detects link status and cable length and adjusts power usage accordingly.

### Green WiFi<sup>1</sup>



The WLAN Scheduler shuts down the WLAN during off-peak hours to enhance network security and save power



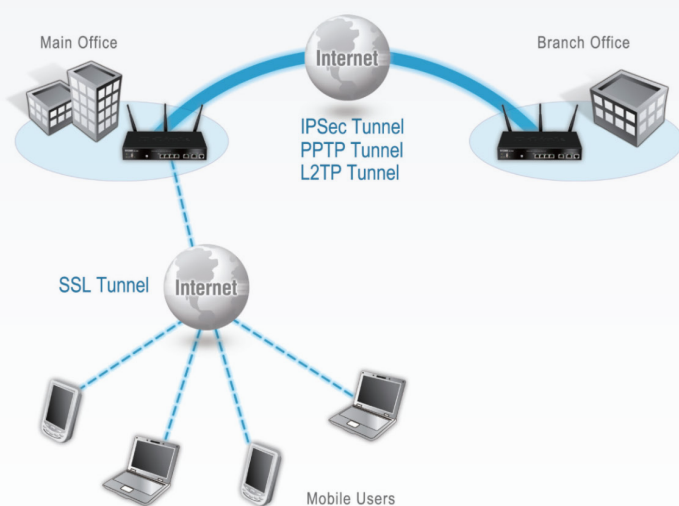
### USB 2.0 Extension



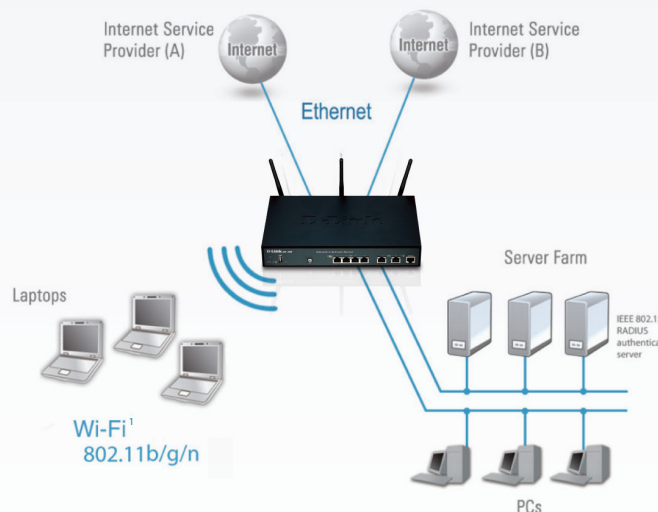
Supports one USB 2.0 device to extend functionality via D-Link's SharePort feature.









### Secure VPN Network Implementation



### Dual WAN for Redundant Internet<sup>2</sup>



### Technical Specifications

	DSR-150	DSR-250	DSR-500	DSR-150N	DSR-250N	DSR-500N
						
Interface						
Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 10/100 Mbps WAN Port</li> <li>• 8 10/100 Mbps LAN Ports</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 10/100/1000 Mbps WAN Port</li> <li>• 8 10/100/1000 Mbps LAN Ports</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 10/100/1000 Mbps WAN Ports</li> <li>• 4 10/100/1000 Mbps LAN Ports</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 10/100 Mbps WAN Port</li> <li>• 8 10/100 Mbps LAN Ports</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 10/100/1000 Mbps WAN Port</li> <li>• 8 10/100/1000 Mbps LAN Ports</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 10/100/1000 Mbps WAN Ports</li> <li>• 4 10/100/1000 Mbps LAN Ports</li> </ul>
Wireless	N/A			802.11b/g/n (Single Band) 2 internal 2dBi Omni-Directional Antennas	802.11b/g/n (Single Band) 2 Detachable 2dBi Omni-Directional Antennas	802.11b/g/n (Single Band) 3 Detachable 2dBi Omni-Directional Antennas

	DSR-150	DSR-250	DSR-500	DSR-150N	DSR-250N	DSR-500N
USB 2.0	1			1		
Console	1 RJ-45			1 RJ-45		
System Performance <sup>4</sup>						
Firewall Throughput <sup>5</sup>	45 Mbps		70 Mbps	45 Mbps		70 Mbps
VPN Throughput <sup>6</sup>	25 Mbps	35 Mbps	70 Mbps	25 Mbps	35 Mbps	70 Mbps
Concurrent Sessions	20000		30000	20000		30000
New Sessions (per second)	200		300	200		300
Firewall Policies	200		300	200		300
Internet Connection Type						
Internet Connection Type	DHCP, STATIC IP, PPPoE			DHCP, STATIC IP, PPPoE		
Firewall System	Yes			Yes		
Web Content Filtering	Yes			Yes		
Firewall System						
Static Route	Yes			Yes		
Dynamic DNS	-		RIPv1, RIPv2, OSPF	-		RIPv1, RIPv2, OSPF
Inter-VLAN Route	Yes			Yes		
NAT, PAT	Yes			Yes		
Web Content Filtering	Static URL, Keywords			Static URL, Keywords		
Intrusion Prevention Systems (IPS)	-	Signature package included in Firmware		-	Signature package included in Firmware	
Networking						
DHCP Server/Client	Yes			Yes		
DHCP Relay	Yes			Yes		
IEEE 802.1q VLAN	Yes			Yes		
VLAN (Port-Based)	Yes			Yes		
IP Multicast	IGMP Proxy			IGMP Proxy		
IPv6	Yes			Yes		
Route Failover	-		Yes	-		Yes
Outbound Load Balancing	-		Yes	-		Yes
3G Redundancy	Yes			Yes		
Wireless						
Multiple Service Set Identifier (Multi SSID)	N/A			Yes		



	DSR-150	DSR-250	DSR-500	DSR-150N	DSR-250N	DSR-500N
Service Set Identifier (SSID) to VLAN Mapping	N/A			Yes		
Standards	N/A			B/G/N (dual stream)		
Wireless Security	N/A			Wired Equivalent Privacy (WEP) Wi-Fi Protect Setup (WPS) Wi-Fi Protected Access – Personal (WPA-PSK) Wi-Fi Protected Access – Enterprise (WPA-EAP) Wi-Fi Protected Access version 2 – Personal (WPA-PSK) Wi-Fi Protected Access version 2 – Enterprise (WPA-EAP)		
Virtual Private Network (VPN)						
IPSec Tunnels	10	25	35	10	25	35
SSL VPN Tunnels	1	5	10	1	5	10
PPTP/L2TP Clients	10	25	25	10	25	25
VPN Tunnels (total)	21	55	70	21	55	70
Encryption Methods	DES, 3DES, AES, Twofish, Blowfish, CAST-128, NULL			DES, 3DES, AES, Twofish, Blowfish, CAST-128, NULL		
SSL Encryption Methods	RC4-128, 3DES, AES			RC4-128, 3DES, AES		
IPSec/PPTP/L2TP Server	Yes			Yes		
IPSec NAT Traversal	Yes			Yes		
Dead Peer Detection	Yes			Yes		
IP Encapsulating Security Payload (ESP)	Yes			Yes		
IP Authentication Header (AH)	Yes			Yes		
VPN Tunnel Keep Alive	Yes			Yes		
Hub and Spoke	Yes			Yes		
Bandwidth Management						
Max. Bandwidth Control	Yes			Yes		
Priority Bandwidth Control	Port-Based QoS, 3 Classes			Port-Based QoS, 3 Classes		
Bandwidth Management						
Web-based User Interface	HTTP, HTTPS			HTTP, HTTPS		
Command Line	Yes			Yes		
SNMP	v1, v2c, v3			v1, v2c, v3		
Physical & Environment						
Power Supply	External Power Supply Unit Input: 100-240 VAC, 50/60Hz Output: DC 12V, 1.5A		Internal Power Supply Unit Input: 100-240 VAC, 50/60Hz	External Power Supply Unit Input: 100-240 VAC, 50/60Hz Output: DC 12V, 1.5A		Internal Power Supply Unit Input: 100-240 VAC, 50/60Hz



## DSR-150/150N/250/250N/500/500N Unified Services Routers

	DSR-150	DSR-250	DSR-500	DSR-150N	DSR-250N	DSR-500N
Max. Power Consumption	7.44W	11.8W	15.6W	10.5W	12.6W	16.8W
Dimensions (L x W x H)	8.19 x 4.68 x 1.38 in (208 x 118 x 35 mm)	5.51 x 8.0 x 1.38 in (140 x 203 x 35 mm)	7.09 x 11.02 x 1.73 in (180 x 280 x 44 mm)	8.19 x 4.68 x 1.38 in (208 x 118 x 35 mm)	5.51 x 8.0 x 1.38 in (140 x 203 x 35 mm)	7.09 x 11.02 x 1.73 in (180 x 280 x 44mm)
Operation Temperature	32 to 104 °F (0 to 40 °C)			32 to 104 °F (0 to 40 °C)		
Storage Temperature	-4 to 158 °F (-20 to 70 °C)			-4 to 158 °F (-20 to 70 °C)		
Operation Humidity	5% to 95% Non-condensing			5% to 95% Non-condensing		
EMI/EMC	FCC Class B, CE Class B, C-Tick, IC			FCC Class B, CE Class B, C-Tick, IC		
Safety	cUL, LVD (EN60950-1)			cUL, LVD (EN60950-1)		
MTBF	240,000 hours	250,000 hours	260,000 hours	240,000 hours	250,000 hours	260,000 hours

### Ordering Information

Part Number	Description
DSR-150	Services Router, 8 10/100M Ports, 1 WAN Port
DSR-250	Services Router, 8 Gigabit Ports, 1 WAN Port
DSR-500	Services Router, 4 Gigabit Ports, 2 WAN Ports
DSR-150N	Wireless Services Router, 8 10/100M Ports, 1 WAN Port
DSR-250N	Wireless Services Router, 8 Gigabit Ports, 1 WAN Port
DSR-500N	Wireless Services Router, 4 Gigabit Ports, 2 WAN Ports

<sup>1</sup> DSR-150N/250N/500N Only

<sup>2</sup> DSR-500/500N only

<sup>3</sup> Printer support list can be referred to at <http://www.openprinting.org/printers>.

<sup>4</sup> Actual performance may vary depending on network conditions and activated services.

<sup>5</sup> The maximum Firewall plaintext throughput is based on RFC2544 testing methodologies.

<sup>6</sup> VPN throughput is measured using UDP traffic with a 1420 byte packet size, adhering to RFC2544.

Updated 10/01/12

**U.S.A.** | 17595 Mt. Herrmann Street | Fountain Valley, CA 92708 | 800.326.1688 | [dlink.com](http://dlink.com) **Canada** | 2525 Meadowvale Blvd | Mississauga, ON L5N 5S2 | 800.361.5265 | [dlink.ca](http://dlink.ca)

©2012 D-Link Corporation/D-Link Systems, Inc. All rights reserved. D-Link, the D-Link logo, and D-ViewCam are trademarks or registered trademarks of D-Link Corporation or its subsidiaries in the United States and/or other countries. Other trademarks or registered trademarks are the property of their respective owners. Visit [www.dlink.com](http://www.dlink.com) for more details.



# LS 9 V

## Primary lithium battery

Primary lithium-thionyl chloride (Li-SOCl<sub>2</sub>) high energy density battery pack.

A prismatic battery pack for a wide range of applications requesting low base currents combined with superimposed pulses. The LS 9 V version yields good voltage readings in a wide T range (-60°C to +85°C).

### Main applications

- Memory back-up
- Alarm and security devices
- Smoke detectors
- Alarm equipment
- Industrial electronics
- Medical equipment

### Key features

- Pack assembled from three ½ AA-sized (and UL-recognized) cells connected in series
- Component cells with stainless steel container and hermetic glass-to-metal sealing
- Plastic sleeve for battery housing
- Miniature snap-on terminals
- Non-flammable electrolyte
- Non-restricted for transport

### Benefits

- High voltage, stable during most of the application's lifetime
- Wide operating temperature range
- Low self-discharge rate (less than 1% per year of storage at +20°C)
- Easy integration into compact systems

### Storage

- The storage area should be clean, cool (preferably not exceeding +30°C), dry and ventilated.

### Warning

- Fire, explosion and burn hazard.
- Do not recharge, short circuit, crush, disassemble, heat above 100°C (212°F), incinerate, or expose contents to water.
- Do not solder directly to the battery pack.

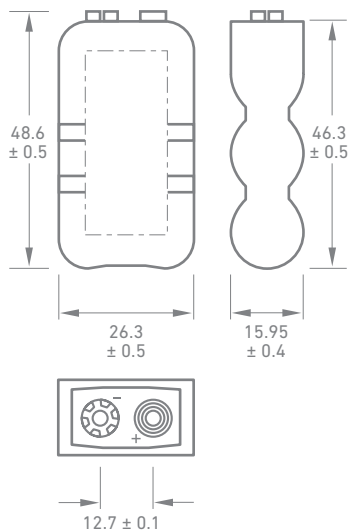


Pack construction	3 LS 14250 in series
Pack designation	LS 9 V
Part number	0095-567-019
Electrical characteristics*	
Nominal capacity (at 1 mA, +20°C, 6.0 V cut-off. The capacity restored by the battery pack varies according to current drain, temperature and cut-off)	1.2 Ah (1.0 mA)
Open circuit voltage (at +20°C)	11.0 V
Nominal voltage (at +20°C and 0.1 mA)	10.8 V
Pulse capability: typically up to (0.1 second pulses, drained every 2 mn at +20°C from undischarged cells with 10 µA base current, yield voltage readings above 9.0 V. The readings may vary according to the pulse characteristics, the temperature, and the cell's previous history. Fitting the cell with a capacitor may be recommended in severe conditions. Consult Saft)	100 mA
Maximum recommended continuous current (Higher currents possible, consult Saft)	35 mA
Storage (recommended) (For more severe conditions, consult Saft)	+30°C (+86°F) max
Operating temperature range (Operation above ambient T may lead to reduced capacity and lower voltage readings at the beginning of pulses. Consult Saft)	-60°C/+85°C (-76°F/+185°F)
Typical weight	29 g (1 oz)
Lithium metal content	approx. 0.9 g

\* Typical values relative to cells stored for one year or less at +30°C max.

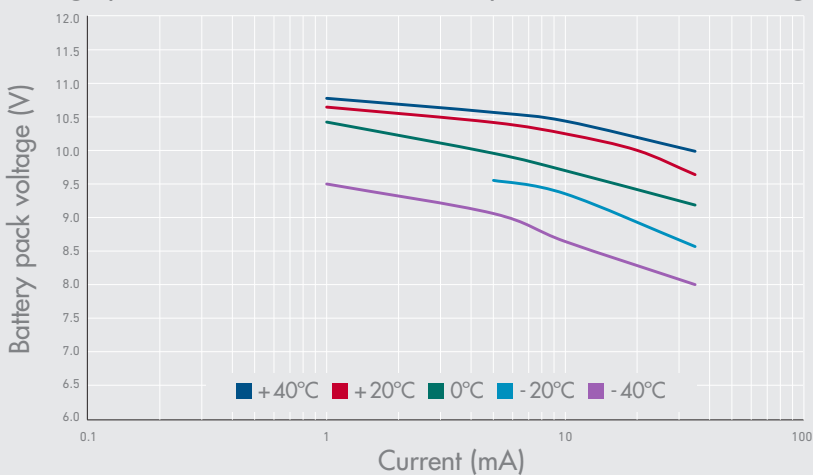


**SAFT**

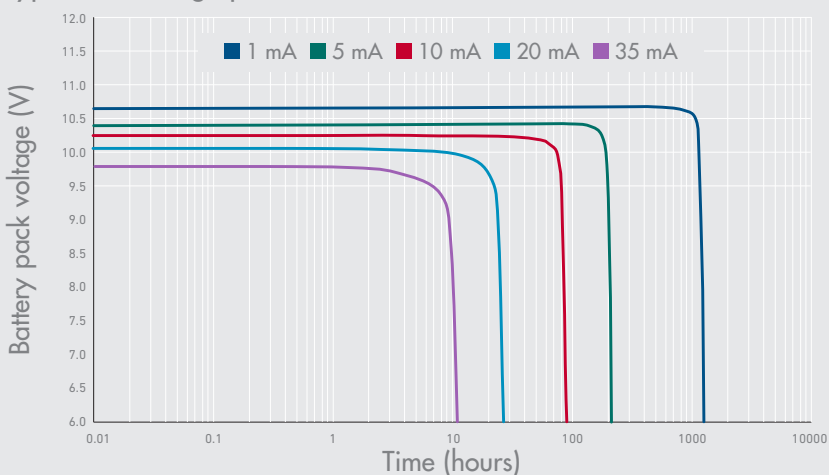


Dimensions in mm.

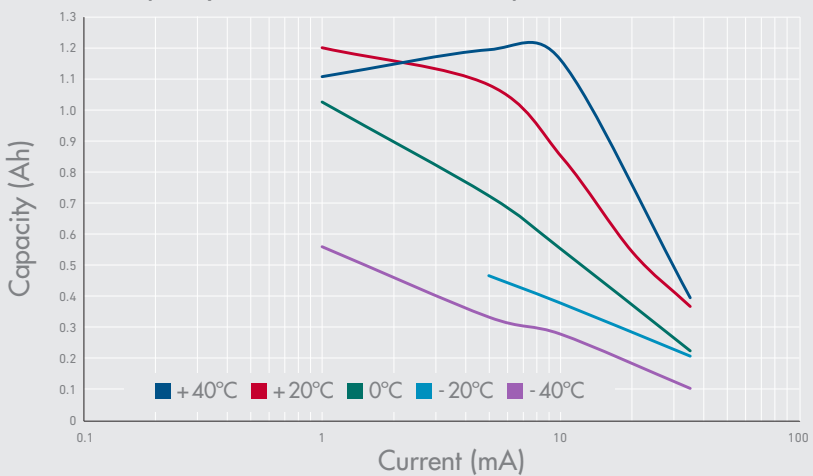
### Voltage plateau versus current and temperature (at mid-discharge)



### Typical discharge profile at +20°C



### Restored capacity versus current and temperature (6.0 V cut-off)



**Saft**

Specialty Battery Group  
12, rue Sadi Carnot  
93170 Bagnolet - France  
Tel. : +33 1 49 93 19 18  
Fax : +33 1 49 93 19 69  
www.saftbatteries.com

Doc No.: 31080-2-0214

Edition: February 2014

Information in this document is subject to change without notice and becomes contractual only after written confirmation by Saft.

For more details on primary lithium technologies please refer to Primary Lithium Batteries Selector Guide Doc No 31048-2.

Published by the Communications Department.

Photo credit: Saft

Société par Actions Simplifiée au capital de 31 944 000

RCS Bobigny B 383 703 873

Produced in the UK by Arthur Associates Limited

# Primary lithium battery

## LSH 20

3.6 V Primary lithium-thionyl chloride (Li-SOCl<sub>2</sub>)  
High power  
D-size spiral cell



### Benefits

- High voltage response, stable during most of the lifetime of the application
- High drain/pulse capability
- Wide operating temperature range (-60°C/+85°C)
- Easy integration into compact systems
- Low self-discharge rate (less than 3% after 1 year of storage at +20°C)

### Key features

- Stainless steel container
- Hermetic glass-to-metal sealing
- Built-in safety vent
- Finish with 5 A fuse
- Non-flammable electrolyte
- Underwriters Laboratories (UL) Component Recognition (File Number MH 12609)
- Restricted for transport (Class 9)

### Main applications

- Radiocommunication and other military applications
- Alarms and security systems
- Beacons and emergency location transmitters
- GPS
- Metering systems
- Sonobuoys
- Tracking systems
- GSM communication

NATO stock number  
6135 14 440 1213

### Cell size references

UM1 - R20 - D

### Electrical characteristics

(typical values relative to cells stored for one year or less at +30°C max.)

Nominal capacity	13.0 Ah
------------------	---------

(at 15 mA +20°C 2.0 V cut off. The capacity restored by the cell varies according to current drain, temperature and cut off)

Open circuit voltage (at +20°C)	3.67 V
---------------------------------	--------

Nominal voltage (at 2 mA +20°C)	3.6 V
---------------------------------	-------

Pulse capability: Typically up to 4000 mA (4000 mA/0.1 second pulses, drained every 2 mn at +20°C from undischarged cells with 10 µA base current, yield voltage readings above 3.0 V. The readings may vary according to the pulse characteristics, the temperature, and the cell's previous history. Fitting the cell with a capacitor may be recommended in severe conditions. Consult Saft)

Maximum recommended continuous current	1800 mA
--	---------

(to maintain cell heating within safe limits. Battery packs may imply lower level of maximum current and may request specific thermal protection. Consult Saft)

Storage (recommended)	+30°C (+86°F) max
(for more severe conditions, consult Saft)	

Operating temperature range	-60°C/+85°C
(Operation above ambient T may lead to reduced capacity and lower voltage readings at the beginning of pulses. Operation with current continuously above 1 A may restrict upper T range. Consult Saft)	(-76°F/+185°F)

### Physical characteristics

Diameter (max)	33.4 mm (1.32 in)
----------------	-------------------

Height (max)	61.6 mm (2.42 in)
--------------	-------------------

Typical weight	100 g (3.5 oz)
----------------	----------------

Li metal content	approx. 3.8 g
------------------	---------------

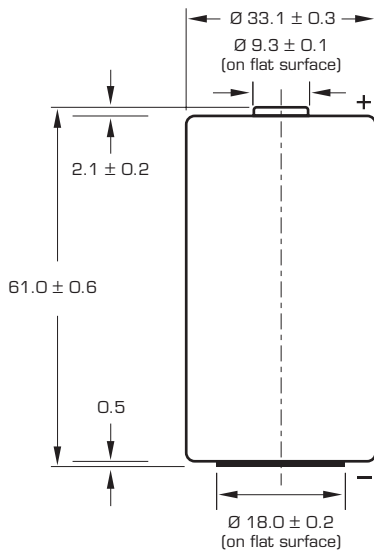
Available termination suffix

CN, CNR  
CNA (AX)  
FL

radial tabs  
axial leads  
flying leads ...etc.



# LSH 20



Dimensions in mm.

## Storage

- The storage area should be clean, cool (preferably not exceeding + 30°C), dry and ventilated.

## Warning

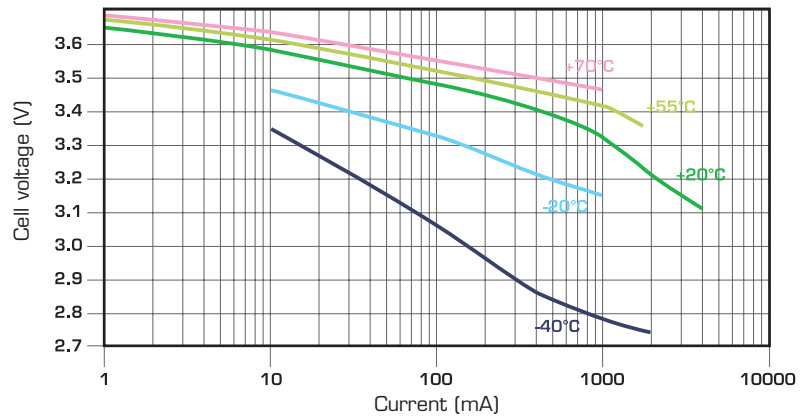
- Fire, explosion and burn hazard.
- Do not recharge, short circuit, crush, disassemble, heat above 100°C (212°F), incinerate, or expose contents to water.
- Do not solder directly to the cell (use tabbed cell versions instead).

## Saft

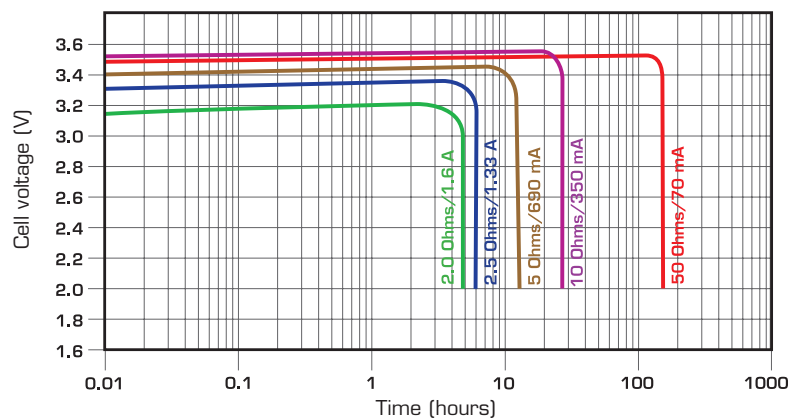
### Specialty Battery Group

12, rue Sadi Carnot  
93170 Bagnolet - France  
Tel +33 (0)1 49 93 19 18  
Fax +33 (0)1 49 93 19 69

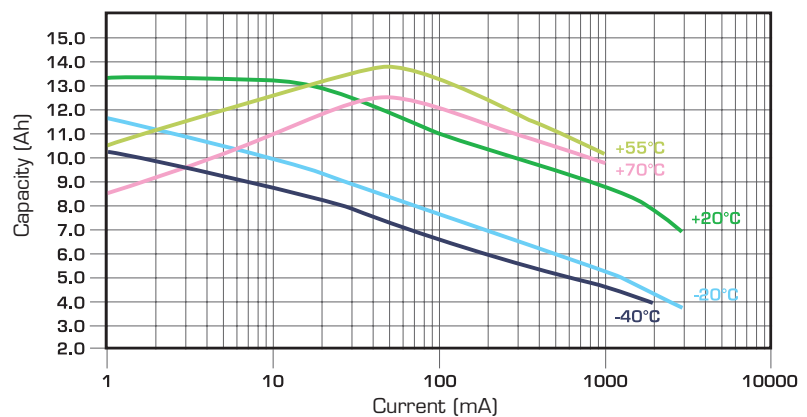
[www.saftbatteries.com](http://www.saftbatteries.com)



Voltage plateau versus Current and Temperature (at mid-discharge)



Typical discharge profiles at +20°C



Restored Capacity versus Current and Temperature (2.0 V cut off)

Doc. N° 31015-2-1006

Information in this document is subject to change without notice and becomes contractual only after written confirmation by Saft.

For more details on primary lithium technologies please refer to Primary Lithium Batteries Selector Guide Doc N° 31048-2.

Published by the Communications Department.

Photo credit: Saft

Société anonyme au capital de 31 944 000 €  
RCS Bobigny B 383 703 873

Produced by Arthur Associates



**SAFT**

## SENSOR AMBIENTAL STHI



### Modelos disponibles:

- MODELO 150113-T: TEMPERATURA
- MODELO 150113-TH: TEMPERATURA Y HUMEDAD
- MODELO 150113-C: CO<sub>2</sub>
- MODELO 150113-Q: CO
- MODELO 150113-H: H<sub>2</sub> o LPG

### Revisiones manual:

- V1.00 - 25-04-2015

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	Descripción general. ....	3
2.	Características comunes.....	3
3.	Microcontrolador. ....	4
4.	Conexiones y configuración. ....	5
5.	Mapa MODBUS. ....	6
6.	Especificaciones técnicas generales. ....	7
7.	Especificaciones sensor temperatura. ....	8
8.	Especificaciones sensor temperatura y humedad.....	8
9.	Especificaciones sensor CO <sub>2</sub> . ....	9
10.	Especificaciones sensor CO.....	9
11.	Especificaciones sensor H <sub>2</sub> o LPG (metano, butano, propano...). ....	10

## 1. Descripción general.

Los sensores ambientales STHI son dispositivos basados en arquitectura Arduino que nos ofrece la posibilidad de supervisar y leer remotamente valores de temperatura, humedad, CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>,... mediante el protocolo estándar RS485 MODBUS RTU.

Pueden combinarse, bajo pedido, cualquiera de los distintos sensores disponibles. Opcionalmente se puede pedir con salida relé.

Gracias a su puerto RS485, está recomendado para aplicaciones distribuidas como domótica, conexión con PLCs industriales, control de climatización, estaciones meteorológicas, etc.

Todas las entradas y salidas son accesibles a través de robustas bornas de tornillo.

El sensor STHI se entrega montado en una caja discreta y robusta de policarbonato para montar en pared.

## 2. Características comunes.

- Microcontrolador Atmel ATmega328P compatible con Arduino.
- Protocolo cargado por defecto: MODBUS RTU
- 8 interruptores dipswitch para direccionamiento modbus y cambio de parámetros de comunicación.
- Opcionalmente salida de relé libre de tensión.
- Bus de comunicaciones RS485 con detección automática de dirección.
- Amplio rango de alimentación de 6.5 a 30VDC.
- Regulador conmutado de alta eficiencia.
- Bornas de tornillo.
- Protección IP66 para medidas de temperatura y humedad.
- Protección contra inversión de polaridad de alimentación.
- Medidas disponibles: temperatura, humedad, CO<sub>2</sub>, CO y H<sub>2</sub>



### 3. Microcontrolador.

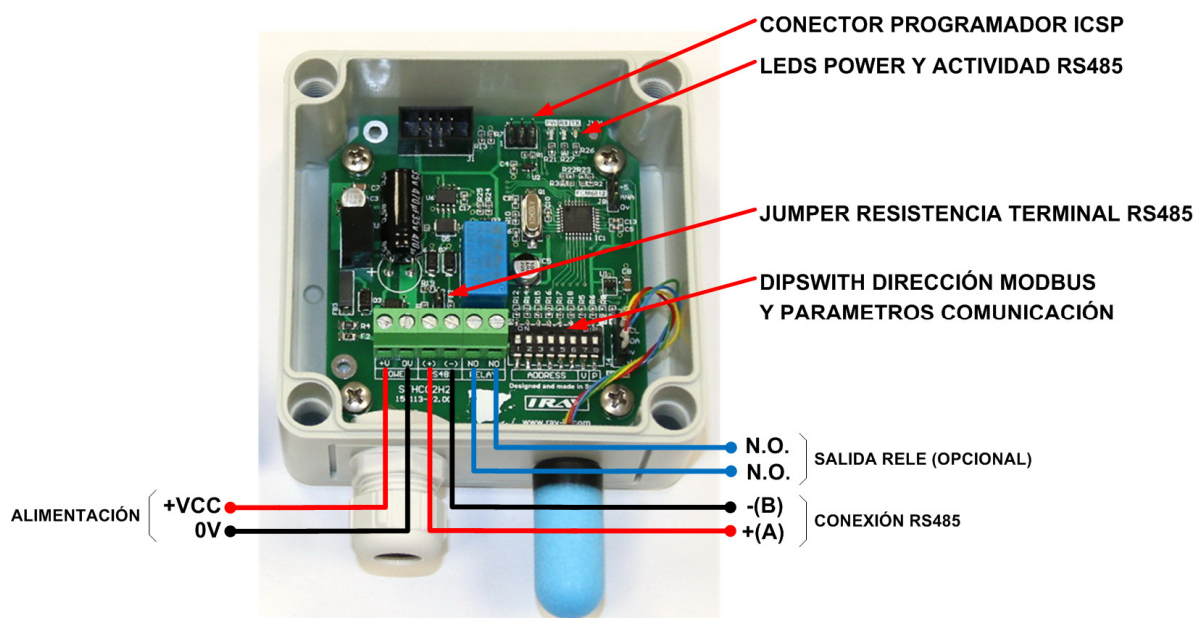
STHI está basado en arquitectura Arduino y por consiguiente podremos utilizar cualquiera de los entornos de desarrollo Arduino si necesitamos reprogramar nuestro sensor.

La equivalencia entre las E/S de STHI Arduino son las siguientes:

E/S STH	E/S Arduino
RELE	4
DIPSWITCH 1	5
DIPSWITCH 2	6
DIPSWITCH 3	7
DIPSWITCH 4	8
DIPSWITCH 5	9
DIPSWITCH 6	10
DIPSWITCH 7	A6
DIPSWITCH 8	A7
SENSOR MQ-7	A1
SENSOR FCM6812	A2
SENSOR CMD8S RX	2
SENSOR CMD8S TX	3
SENSOR SHT21	I2C

#### 4. Conexiones y configuración.

Para acceder a los bornes de conexión, afloje los cuatro tornillos de la parte superior con la ayuda de un destornillador plano.



El sensor STHI está protegido contra conexión de polaridad inversa en la alimentación.

Antes de alimentar el sensor, establezca la dirección MODBUS y los parámetros de comunicación mediante el dipswitch obedeciendo una codificación binaria estándar. Así, el interruptor número 1 es el bit menos significativo y el 6 el más significativo. Puede direccionar hasta 63 dispositivos en el bus:

	SW1 - SW6 DIRECCIÓN	SW7 VELOCIDAD	SW8 PARIDAD
ON	63	19200	Even (par)
OFF	0	9600	None

Si es necesario, puede activar la resistencia terminal del bus RS485 activando el jumper S2. Esta resistencia tiene un valor nominal de 120 Ohm.

## 5. Mapa MODBUS.

MODO R: FUNCION 3 – READ BLOCK HOLDING REGISTERS

MODO W: FUNCION 6 – WRITE SINGLE HOLDING REGISTER

DIRECCION	TIPO	MODO	FORMATO	MAXIMO	MINIMO	UNIDADES	DESCRIPCION
-----							
0x0000	int	R	0000.0	+0155.0	-0055.0	°C	TEMPERATURA
0x0001	uint	R	00000	00100	00000	%	HUMEDAD
0x0002	int	R	0000.0	+0155.0	-0055.0	°C	TEMPERATURA DE ROCIO
0x0003	int	R	00000	00001	00000	---	PARAMETROS SENSOR OK = 0 (solo SHT21)
0x0004	int	R/W	00000	00001	00000	---	RELE
0x0005	int	R	00000	00255	00000	---	ESTADO DEL DIPSWITCH
0x0006	int	R	00000	+14000	00000	ppm	GAS COMBUSTIBLE o H2
0x0007	int	R	00000	+05000	00000	ppm	GAS CO con preheating de 2 horas
0x0008	int	R	00000	+05000	00000	ppm	GAS CO sin preheating
0x0009	int	R	00000	+32000	00000	ppm	CO2

## 6. Especificaciones técnicas generales.

- Rango de alimentación: 6.5 ~ 30 VDC
- Protección de alimentación: inversión de polaridad
- Protecciones de sobretensión en: puerto RS485
- Consumo a 24VDC máximo: 50mA (1.2W)
- Microcontrolador: Atmega328P @ 16Mhz
- Memoria Flash: 32K
- Memoria RAM: 2Kb
- Máxima corriente salidas relé: 3A
- Máxima tensión salida relé: 250VAC, 30VDC
- Puerto RS485: No aislado, ¼ unidad de carga, protección ESD +/- 15Kv, control automático de dirección de datos. Max. 500Kbps.
- Temperatura de funcionamiento: -40 ~ 85 °C
- Ancho: 94 mm
- Alto: 94 mm
- Fondo: 57 mm
- Peso: 120 g.

## 7. Especificaciones sensor temperatura.

- Modelo: 150113-T
- Tipo sensor: DS18B20+ (DALLAS-MAXIM)
- Interface: 1-wire
- Resolución: 0.1°C
- Rango de medida: -40 ~ 85°C
- Precisión típica: +/- 0.1°C
- Precisión máxima: +/- 1°C
- Grado de protección IP: IP66

## 8. Especificaciones sensor temperatura y humedad.

- Modelo: 150113-TH
- Tipo sensor: SHT21 (SENSIRION)
- Interface: I2C
- Resolución temperatura: 0.1°C
- Rango de medida: -40 ~ 85°C
- Precisión típica: +/- 0.3°C
- Precisión máxima: +/- 1°C
- Resolución humedad: 1%
- Rango de medida: 0 ~ 100%RH
- Precisión típica: +/- 2%RH
- Precisión máxima: +/- 5%RH
- Grado de protección IP: IP66

## 9. Especificaciones sensor CO<sub>2</sub>.

- Modelo: 150113-C
- Tipo sensor: CDM8S (SENSE AIR)
- Tecnología sensor: Infrarrojos
- Interface: SERIAL TTL
- Resolución: 1ppm
- Rango de medida: 400 ~ 10000ppm
- Precisión típica: +/- 0.02% (volumen CO<sub>2</sub>)  
+/- 3% (lectura)
- Rango temperatura operación: 0°C ~ 50°C
- Rango humedad operación: 0 ~ 85%RH
- Grado de protección IP: IP40

## 10. Especificaciones sensor CO.

- Modelo: 150113-Q
- Tipo sensor: MQ-7
- Tecnología sensor: Termo-catalítico
- Interface: Analógico
- Resolución: 1ppm
- Rango de medida: 20 ~ 4000ppm
- Rango temperatura operación: 0°C ~ 50°C
- Rango humedad operación: 0 ~ 85%RH
- Grado de protección IP: IP40

## 11. Especificaciones sensor H<sub>2</sub> o LPG (metano, butano, propano...).

- Modelo: 150113-H
- Tipo sensor: FCM6812 (FIGARO)
- Tecnología sensor: Termo-catalítico
- Interface: Analógico
- Resolución: 1ppm
- Rango de medida: 0 ~ 14000ppm (H<sub>2</sub>)
- Rango temperatura operación: -10°C ~ 60°C
- Rango humedad operación: 5 ~ 95%RH
- Grado de protección IP: IP40